

Aus der
Klinik und Poliklinik für Orthopädie, Physikalische Medizin und Rehabilitation
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Direktor: Prof. Dr.med. Dipl.-Ing. V. Jansson



**Mittelfristige Ergebnisse der Repositionsbehandlung
bei kongenitaler Hüftgelenkluxation**

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Johanna Mutschler
aus Tett nang

2019

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Sandra Utzschneider

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. Bernhard Heimkes

Dekan: Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel

Tag der mündlichen Prüfung: 28.11.2019

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	1
2. GRUNDLAGEN & WISSENSCHAFTLICHER HINTERGRUND	2
2.1. Anatomie und Biomechanik des Hüftgelenks	2
2.2. Die natürliche Hüftreifung	3
2.3. Multifaktorielle Ätiologie der angeborenen Hüftdysplasie	5
2.4. Diagnostik der Hüftreifungsstörung	6
2.4.1. Screening-Methoden	6
2.4.1.1. Klinisches Screening	6
2.4.1.2. Hüftultraschall und Hüfttypen nach Graf	7
2.4.2. Röntgenuntersuchung	14
2.5. Therapiemöglichkeiten der Hüftreifungsstörung	17
2.5.1. Ursprünge der Abspreizbehandlung	17
2.5.2. Entwicklung der „Spreizhose“	18
2.5.3. Besonderheiten der Therapie mit der „Becker-Schiene“	19
2.5.4. Konservative Therapie : 3 Stufen-Schema nach Graf	20
2.5.4.1. Reposition	21
2.5.4.2. Retention	23
2.5.4.3. Nachreifung	24
2.5.5. Operative Maßnahmen	25
2.5.5.1. Operative Maßnahmen im ersten Lebensjahr	25
2.5.5.1.1. Offene Reposition	25
2.5.5.1.2. Intertrochantäre Varisations-Derotationsosteotomie	25
2.5.5.2. Operative Maßnahmen nach dem ersten Lebensjahr	26
2.5.5.2.1. Acetabuloplastik	26
2.5.5.2.2. Beckenosteotomie nach Salter	27
2.5.5.2.3. Tripleosteotomie	27
2.5.5.2.4. Beckenosteotomie nach Chiari	28
2.5.6. Hauseigener Therapiealgorithmus der Kinderorthopädie an der LMU München	29
2.6. Risiken der Erkrankung und der Therapie	31
2.6.1. Restdysplasie	31
2.6.2. Hüftkopfnekrose	32
3. FRAGESTELLUNG & ZIEL DER ARBEIT	35
4. PATIENTENGUT & METHODIK	35
4.1. Patientenkollektiv	35
4.2. Methodik	36
4.2.1. Quantitative Auswertungen	36
4.2.2. Ultraschalluntersuchung	36

4.2.3. Röntgen	37
4.2.3.1. AC-Winkel und Restdysplasie	37
4.2.3.2. Hüftkopfnekrose	38
4.2.4. Statistik	38
5. ERGEBNISSE	39
5.1. Klinische Ergebnisse	39
5.1.1. Patientengut	39
5.1.2. Epidemiologische Daten	39
5.1.3. Risikofaktoren	40
5.1.4. Therapieverlauf	40
5.1.5. Therapiegruppen und Repositionserfolg	41
5.1.6. Einflussfaktoren auf den Repositionserfolg	43
5.1.7. Therapiedauer	46
5.1.8. Einflussfaktoren auf die Therapiedauer	46
5.2. Radiologische Ergebnisse	48
5.2.1. AC-Winkel und Restdysplasien	48
5.2.1.1. Laufalter-Kontrolle	48
5.2.1.2. Kontrolle mit 4 Jahren	50
5.2.1.3. Entwicklung der AC-Winkel und Restdysplasien	51
5.2.1.4. Einflussfaktoren auf die Entstehung einer Restdysplasie im Laufalter	52
5.2.2. Hüftkopfnekrosen	54
5.2.2.1. Entwicklung der Hüftkopfnekrosen	54
5.2.2.2. Einflussfaktoren auf die Entstehung einer Hüftkopfnekrose im Laufalter	57
5.3. Analyse der Fälle mit 3 Risikofaktoren für das Vorliegen einer Hüftdysplasie	58
5.4. Analyse der Fälle mit offener Reposition	59
5.5. Analyse der Fälle mit sekundärer Operation	61
6. DISKUSSION	64
7. ZUSAMMENFASSUNG	76
8. LITERATUR	78
9. ANHANG	84
9.1. Auswertungsbögen	84
9.1.1. Patientenbogen	84
9.1.2. Röntgen-Auswertungsbogen	87
9.2. Abbildungsverzeichnis	88
9.3. Tabellenverzeichnis	90

1. EINLEITUNG

Die therapiebedürftige Hüftreifungsstörung stellt die häufigste orthopädische Erkrankung im Neugeborenenalter dar (Ziegler et al., 2008).

Während sie zu diesem frühen Zeitpunkt meist noch klinisch unauffällig ist, stellt sie unbehandelt im Verlauf einen hohen Risikofaktor für einen frühen endoprothetischen Hüftgelenksersatz dar (Harris, W. H., 1986).

Angeborene Hüftgelenksfehlbildungen umfassen ein breites Spektrum von Hüftdysplasie über klinisch instabile Hüften bis hin zur vollständigen Luxation und werden im Englischen unter DDH „developmental dysplasia of the hip“ zusammengefasst (Sewell & Eastwood, 2011).

Der Begriff der Hüftdysplasie beschreibt eine untiefe, unreife Hüfte. Das Hüftgelenk ist dabei ungenügend ausgebildet und die Verknöcherung des Pfannenerkers gestört (Hefti et al., 2008, S. 177). Der nächst schlechtere Befund ist die Hüftsubluxation, bevor wir von einer kompletten Luxation bzw. Dislokation sprechen. Hier ist der Hüftkopf aus der Hüftgelenkspfanne dezentriert (Hefti et al., 2008, S. 177).

Die in dieser Arbeit betrachtete „kongenitale Hüftluxation“ beschreibt eine unmittelbar nach der Geburt vorliegende Dislokation bei ansonsten gesunden Kindern ohne anderweitige Erkrankungen (Placzek et al., 2013).

Davon abzugrenzen sind die teratologische Luxation, die häufig mit Fehlbildungssyndromen vergesellschaftet und bei der die Hüfte bereits intrauterin fehlangelegt ist, sowie die neuromuskuläre Hüftreifungsstörung (Sewell & Eastwood, 2011).

Die Hüftgelenkdysplasie gilt mit einer Inzidenz von 2 bis 4% in Mitteleuropa als häufigste angeborene Skeletterkrankung. Die Inzidenz der Hüftgelenkluxation liegt dagegen mit 0,5 bis 1% weit niedriger (Exner & Kern, 1994). Diese Prävalenzen sind jedoch altersabhängig und werden je nach diagnostischer Methode und deren Interpretation unterschiedlich hoch berichtet (Hefti et al., 2008).

2. GRUNDLAGEN & WISSENSCHAFTLICHER HINTERGRUND

2.1. Anatomie und Biomechanik des Hüftgelenks

Das Hüftgelenk ist ein modifiziertes Kugelgelenk mit 3 Freiheitsgraden um 3 senkrecht zueinander stehende Hauptachsen (Hefti et al., 2008, S. 169 ff.). Der Femurkopf ist weitgehend kugelförmig und verjüngt sich in Richtung Schenkelhals. Er sollte möglichst zentriert über dem Schenkelhals stehen und diesen ventral überragen. Dabei spricht man vom sog. „Offset“ des Kopfes (Hefti et al., 2008, S. 169 ff.). Die Hüftpfanne, auch Acetabulum genannt, weist eine Hufeisenform mit zentraler Vertiefung auf (Hefti et al., 2008, S. 169 ff.).

Den Schenkelhals betreffend ist zunächst dessen Neigung von Bedeutung, welche durch den CCD-Winkel (Centrum-Collum-Diaphysen-Winkel) beschrieben wird. Dieser Winkel nimmt im Laufe der Entwicklung vom Neugeborenen- bis zum Erwachsenenalter von ca. 150° auf ca. 130° ab (Hefti et al., 2008, S. 169 ff.). Die Richtung des Schenkelhalses wird weiterhin durch die sogenannte Antetorsion beeinflusst (Hefti et al., 2008, S. 169 ff.). Darunter versteht man einen projizierten, nach vorne offenen Winkel, den der Schenkelhals mit der Frontalebene bildet. Auch dieser Winkel reduziert sich von ca. 30° im Neugeborenen- auf ca. 15° im Erwachsenenalter, kann allerdings nur indirekt als projizierter Antetorsionswinkel im Röntgenbild gemessen und danach mit Hilfe von Umrechnungstabellen in den reellen Winkel umgewandelt werden (Hefti et al., 2008, S. 169 ff.).

Bezüglich der Hüftgelenkspfanne stellt die Anteversion einen wichtigen präarthrotischen Zustand dar. Dabei handelt es sich um die Abweichung der Pfannenausgangs- von der Horizontalebene (Hefti et al., 2008, S. 169 ff.). Die Ausgangsebene stellt allerdings keinen geschlossenen Ring dar, sondern weist anterolateral eine Aussparung auf, welche die Flexion des Femurs ermöglicht (Hefti et al., 2008, S. 169 ff.).

Der knöcherne Aufbau des proximalen oder auch koxalen Femurendes ist der weit verbreiteten Meinung nach durch Druck- und Zugtrajektoren gekennzeichnet (Hefti et al., 2008, S. 169 ff.). Diese sind in jeder a.p. Röntgenaufnahme der Hüfte sichtbar (siehe Abb. 1). Sie entstehen durch Biegebelastung und sind in ihrer Richtung einerseits von der Belastung, andererseits von der Form des koxalen Femurendes abhängig (Hefti et al., 2008, S. 169 ff.).

Auch die knöcherne Formgebung der Gelenkpfanne wird durch Belastung beeinflusst. Dabei gilt, je kleiner die belastete Fläche und je größer die Gesamtbelastung, umso wahrscheinlicher bildet sich ein sklerotischer Bereich (Hefti et al., 2008, S. 169 ff.).



Abb. 1: Die Druck- und Zugtrajektoren am proximalen Femurende (Hefti et al., 2008, S. 171)

Im zweibeinigen Stand wirken nur äußere Kräfte auf das Hüftgelenk, sodass keine Muskelkräfte erforderlich sind (Hefti et al., 2008, S. 169 ff.). Im Einbeinstand dagegen, muss das Hüftgelenk des Standbeins zusätzlich auch das Gewicht des Schwungbeins tragen. Um dabei ein Absinken des Beckens zum Schwungbein hin zu verhindern, müssen Muskelkräfte wirken (Hefti et al., 2008, S. 169 ff.).

Dies funktioniert über ein Hebelsystem, das seinen Drehpunkt im Hüftkopfmittelpunkt hat (Hefti et al., 2008, S. 169 ff.). Die dabei auf das Hüftgelenk wirkenden Kräfte sind stark von den anatomischen Gegebenheiten abhängig. So hat Pauwels für ein normales Hüftgelenk berechnet, dass die dabei wirkende Kraftresultierende das etwa 4-fache des eigenen Körpergewichts beträgt (Pauwels, 1935).

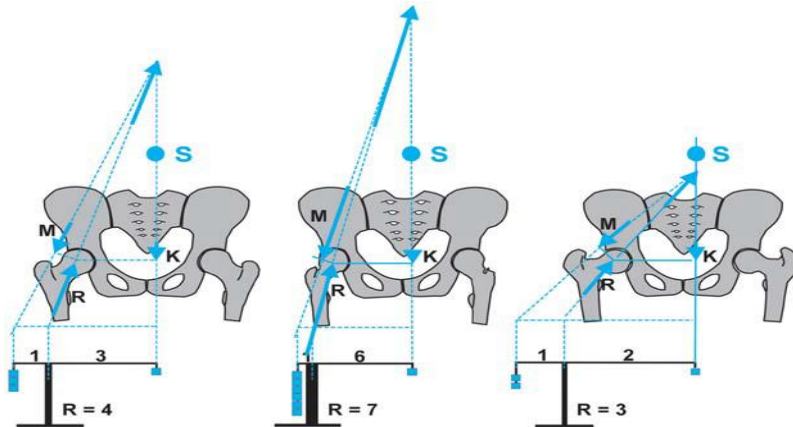


Abb. 2: Schematische Darstellung der Kräfte am Hüftgelenk nach Pauwels

a bei normaler Hüfte, **b** Coxa valga und **c** Coxa vara.

Die Darstellung zeigt, welchen Einfluss eine Veränderung der Hebelarme auf die einwirkenden Kräfte hat.

(S Schwerpunkt, K Körpergewicht, R Kraftresultante im Hüftgelenk, M Kräfte der Abduktoren); (Pauwels, 1935)

Abbildung 2 zeigt, dass die Kraftresultierende R bei vergrößertem Schenkelhalswinkel (Coxa valga) ebenfalls zunimmt. Durch die Valgusstellung kommt es zu einer Verkürzung des Hebelarms der Abduktoren. Umgekehrt verhält sich das Kräftegleichgewicht bei verkleinertem CCD-Winkel bzw. Coxa vara (Pauwels, 1935).

2.2. Die natürliche Hüftreifung

Beim Kleinkind besteht noch das gesamte proximale Femur plus dem Trochanter major aus Knorpel. Am proximalen Femur sind drei Hauptwachstumszonen zu unterscheiden. Die epiphysäre und eigentlich Wachstumsfuge, die apophysäre Wachstumsfuge am Trochanter major und die Wachstumsplatte entlang des Schenkelhalsisthmus (Siffert, 1981).

Entscheidend für eine physiologische Formbildung des proximalen Femurs ist eine ausgeglichene Wachstumsgeschwindigkeit zwischen den 3 Zonen (Heimkes et al., 1997).

Das Wachstum des Pfannenknorpels erfolgt interstitiell und über appositionellen Anbau unter dem Perichondrium. Dabei bestimmt das interstitielle Wachstum die Ausdehnung des Hüftgelenks (Harris, N. H., 1976; Lindstrom et al., 1979). Eine konkave Pfanne kann sich nur unter Druck eines zentriert stehenden sphärischen Hüftkopfes entwickeln. Fehlt einer der beiden Gelenkpartner oder ist vermindert ausgebildet, entwickelt sich eine flache, untiefe Pfanne mit normal großem radiären Durchmesser (Harris, N. H., 1976; Lindstrom et al., 1979). Auch Tönnis und Matthiessen sind der Meinung, dass ein genügend ausgebildetes Pfannendach die Basis für die Zentrierung des Hüftkopfes

bildet und es umgekehrt bei höher stehendem Hüftkopf (Coxa valga) zu keiner physiologischen Pfannendachentwicklung kommen wird (Matthiessen, 2016; Tönnis & Legal, 1984).

Die Pfannentiefe nimmt während Entwicklung bis nach der Pubertät durch das Knorpelwachstum ständig zu, während die Entwicklung des Acetabulums mit 8 Jahren weitgehend abgeschlossen ist (Harris, N. H., 1976; Lindstrom et al., 1979).

Bei einer Hüftreifungsstörung dagegen, liegen histologisch-pathologische Strukturveränderungen vor, die therapeutische Maßnahmen zur Scherdruckentlastung des Pfannendachs nötig machen (Graf, 1997). Eine Senkrechstellung des Schenkelhalses zur Knorpel-Knochen-Grenze des Pfannendachs, wie es durch die Beuge-Abspreizbehandlung gegeben ist, führt zu solch einer Scherdruckentlastung mit positiven Auswirkungen auf die Zell-und Kollagenfaserstrukturen im hyalin-knorpelig präformierten Pfannendach sowie auf die Gefäßversorgung der Knorpel-Knochengrenze (Graf, 1997).

Heimkes hat für die natürliche Hüftreifung ein eigenes Schema entwickelt, das einzig Drucktrajektoren einbezieht (Heimkes, 2013). Für ihn basiert das natürliche Wachstum der kindlichen Hüfte auf den tagtäglich wirksamen Schwer- und Muskelkräften, welche das sich entwickelnde Hüftgelenk entsprechend dem Grundsatz „function modifies design“ zu seiner endgültigen Form und Ausreifung bringen (Heimkes, 2013). Auf den Knorpel des koxalen Femurendes wirken dabei zwei Kraftresultierende, die zu appositionellem Wachstum und stets zu metaphysärer, sekundärer Verknöcherung führen (Abb. 3; Heimkes et al., 1997).

Die Hüftresultierende R steuert das Wachstum der Hüftkopfepiphysenfuge, die Trochanterresultierende R_T setzt sich aus allen am Trochanter major wirksamen Muskelkräften zusammen und regelt das Wachstum der Apophysenfuge des Trochanter major. Mit zunehmendem Alter wächst die Trochanterapophyse und verlagert den Abduktorenansatz nach lateral. In Folge neigen sich die Verläufe der Hüftabduktoren und der Hüftresultierenden R und der Schenkelhalsschaftwinkel (CCD-Winkel) nimmt damit konsekutiv ab (Heimkes et al., 1997).

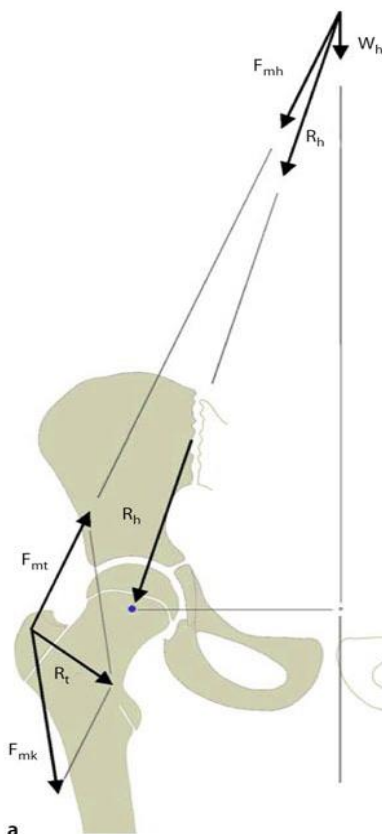


Abb. 3: Ausformung der Hüfte über die epi- und apophysären Wachstumsfugen durch Schwer- und Muskelkräfte.

$F_{mh}=F_{mt}$ Kraft der zwischen Becken und Trochanter major aufgespannten Hüftabduktoren, F_{mk} Kraft der zwischen Trochanter major und dem Unterschenkel aufgespannten Kniestrecker zuzüglich der Tractusspannung, $F_{mt}=F_{mh}$, R_h auf Hüftgelenk und Epiphysenfuge zentrierte Kraftresultierende, R_t auf die Wachstumsfuge des Trochanter major zentrierte Kraft, W_h auf die Hüfte wirkendes Körperteilgewicht, blauer Punkt Drehpunkt des Hüftgelenks.

(Skuban et al., 2009)

2.3. Multifaktorielle Ätiologie der angeborenen Hüftdysplasie

Die Ätiologie der Hüftdysplasie ist bis heute nicht abschließend geklärt. Die Wissenschaft geht von einer multifaktoriellen Genese aus, ist sich jedoch noch nicht über die Einflussstärke der einzelnen Faktoren im Klaren (Ortiz-Neira et al., 2012).

Einigkeit herrscht bei der Erkenntnis, dass sowohl endogene wie auch exogene Faktoren zur Entstehung beitragen (Becker, 1969; Eller & Katthagen, 1987; Placzek et al., 2013).

Die Risikofaktoren für unreife Hüften werden je nach Autor unterschiedlich eingeteilt (Hefti et al., 2008; Ortiz-Neira et al., 2012; Roposch et al., 2011). Zur besseren Verständlichkeit folgt diese Arbeit der Einteilung nach Hefti in folgende 3 Gruppen (Hefti et al., 2008, S. 178):

1. Mechanische
2. genetische
3. hormonelle Ursachen, welche die intrauterine Hüftreifung beeinflussen .

Zunächst scheinen sich die mechanischen (exogenen) Komponenten in logischer Weise auf die Ausreifung der Hüfte auszuwirken.

Die Literatur ist sich einig, dass die Geburt aus der sogenannten Beckenendlage, bei der das Becken den tiefsten Punkt der Gebärmutter darstellt, äußerst negative Auswirkungen auf die Hüftreifung hat (Delaney & Karmazyn, 2011; Hefti et al., 2008, S. 178; Lange et al., 2014; Ortiz-Neira et al., 2012).

Eine Studie von Ortiz-Neira et al. zur Gewichtung der Risikofaktoren sieht die Beckenendlage als den mit Abstand schwerwiegendsten Einflussfaktor an (Ortiz-Neira et al., 2012).

Auch ein hohes Geburtsgewicht von über 4000g erhöht die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen einer Hüftreifungsstörung beim Neugeborenen (Delaney & Karmazyn, 2011). Dies steht im Widerspruch zur Frühgeburt, welche auch immer wieder als Risikofaktor diskutiert wird, jedoch in einer aktuellen Studie nicht als solcher bestätigt werden konnte (Orak et al., 2015).

Gleichzeitig liegt das Risiko für eine Hüftreifungsstörung bei Erstgeborenen (Delaney & Karmazyn, 2011; Ortiz-Neira et al., 2012) und Mehrlingsgeburten höher.

Der Geburtsmodus des Kaiserschnitts (Hefti et al., 2008, S. 178) soll sich genau wie ein Fruchtwassermangel mit einem Gesamtvolumen von unter 200 bis 500 ml ebenfalls negativ auf die Hüftentwicklung des Neugeborenen auswirken.

Die Gene betreffend (endogen) weiß man, dass Jungen besser auf maternale Entspannungshormone reagieren und es aus diesem Grund Einigkeit über ein signifikant höheres Auftreten von Hüftreifungsstörungen bei Mädchen gibt (Delaney & Karmazyn, 2011; Lange et al., 2014). Während Hefti berichtet, dass Mädchen 4 mal häufiger von Hüftluxationen betroffen sind (Hefti et al., 2008), finden Ortiz-Neira et al. in ihrer Arbeit sogar ein Verhältnis weiblich zu männlich von 7 zu 1 (Ortiz-Neira et al., 2012).

Die linke Hüfte ist laut Delaney und Karmazyn drei Mal häufiger, laut Hefti doppelt so häufig betroffen, da sie näher an der mütterlichen Wirbelsäule liegt und folglich schlechter abduziert werden kann. (Delaney & Karmazyn, 2011; Hefti et al., 2008, S. 177)

Daneben spielt eine positive Familienanamnese eine wohl entscheidende Rolle (Delaney & Karmazyn, 2011; Lange et al., 2014; Ortiz-Neira et al., 2012; Tönnis & Legal, 1984). Ein Verwandter ersten Grades mit Hüftdysplasie oder früher Coxarthrose ist ein eindeutiger Risikofaktor für die Ausbildung einer dysplastischen Hüfte. Dabei ist ein endemisches Verteilungsmuster mit regionalen

Unterschieden in der Prävalenz zu beobachten (Heimkes, 2013). Sogenannte Luxationscluster finden sich beispielsweise im bayerischen Wald, in Oberbayern oder in Tschechien.

Laut einiger Autoren geht eine unreife Hüftpfanne häufig mit anderen Fehlbildungen wie Klumpfüßen, Knick-Platt-Füßen, Kniegelenkluxationen, Genu recurvatum, Gesichtsasymmetrien oder muskulärem Schiefhals einher (Baumgart & Mellerowicz, 2006; Hefti et al., 2008, S. 178).

Das Hormon Relaxin nimmt bei der Hüftentwicklung ebenfalls eine wichtige Rolle ein. Es wird sowohl vom Gelbkörper der Plazenta, dem Chorion wie auch von der Dezidua gebildet und führt zu Laxizität in Bindegeweben und Gelenken. Daher haben hohe Konzentrationen dieses Hormons eine Hüftlaxizität zur Folge (Delaney & Karmazyn, 2011).

Trotz alledem weißt die Mehrheit der Patienten mit angeborener Hüftreifungsstörung keinen der hier genannten Risikofaktoren auf. Andersherum leiden nur ein bis zehn Prozent der Risikoträger tatsächlich an einer Hüftreifungsstörung (Delaney & Karmazyn, 2011).

2.4. Diagnostik der Hüftreifungsstörung

2.4.1. Screening-Methoden

Weltweit herrscht noch immer Uneinigkeit über die geeignetste Screeningmethode (Ortiz-Neira et al., 2012; Seidl, Placzek, et al., 2012; Sewell & Eastwood, 2011).

Zwei Methoden haben sich zum Screening etabliert, die entweder einzeln oder in Kombination Anwendung finden: Das klinische Screening, sowie der Hüftultraschall nach Graf.

2.4.1.1. Klinisches Screening

Zu einem klinischen Screening und damit verbunden zur Vermeidung von Spätfolgen riet bereits 1937 der Italiener Ortolani (Ortolani, 1937).

Bei der klinischen Untersuchung achtet der Untersuchende vor allem auf Bewegungsunterschiede und Auffälligkeiten in der Extremitätenstellung sowie bei den durchzuführenden Tests (Becker, 1969; Delaney & Karmazyn, 2011).

Eine deutliche Asymmetrie der Glutealfalten sowie ein einseitig zu kurz erscheinendes Femur bei gebeugter Hüfte und Knien („Galeazzi-Zeichen“) sind erste Indikatoren, die für eine Hüftreifungsstörung sprechen (Hefti et al., 2008).

Ein weiteres wichtiges Frühzeichen der Dysplasie sind einseitige asymmetrische Adduktionskontrakturen, welche meist erst nach etwa 3 Wochen als reflektorische Spannung bei Vorliegen eines pathologischen Hüftgelenks auftreten (Becker, 1969; Hefti et al., 2008).

Außerdem sind zwei Provokationstest in der klinischen Routine gängig.

Beim 1937 entwickelten Ortolani-Zeichen (Ortolani, 1937) werden bei 90° gebeugten Knie- und Hüftgelenken beide Oberschenkel mit den Mittelfingern des Untersuchers stabilisiert, wobei die Fingerspitze jeweils auf dem Hüftkopf zu liegen kommt. Rotiert man das Hüftgelenk nun nach außen und hört dabei ein Klicken, so ist der Test positiv und man muss von einer Hüftluxation ausgehen (Ortolani, 1937). Laut Becker ist das vorherig beschriebene „Ortolani-Schnapp-Phänomen“ zunächst nur Ausdruck eines Entwicklungsrückstandes und lässt keine sichere Aussage über das Vorliegen einer echten Luxation zu, weshalb der Verdacht noch durch die Ultraschalluntersuchung bestätigt werden sollte (Becker, 1969).

Beim seit 1962 bekannten Barlow-Test (Barlow, 1962) provoziert der Untersucher eine Dislokation bei 90° gebeugter Hüfte und maximal gebeugten Knien, indem er eine posteriore Subluxation auslöst. Dabei legt er seinen Daumen auf den Trochanter minor und die restlichen Finger auf den Trochanter major und übt nun von oben Druck auf den Knochen aus. Weicht der Hüftkopf dabei spürbar nach dorsal aus, ist dieser Test positiv (Barlow, 1962).

2.4.1.2. Hüftultraschall und Hüfttypen nach Graf

Ein Ultraschall der neugeborenen Hüfte soll dazu dienen, Hüftreifungsstörungen frühzeitig, d.h. vor deren klinischer Manifestation, erkennen und behandeln zu können. Dadurch kann die Therapiedauer verkürzt sowie operative Maßnahmen auf ein Minimum begrenzt werden (Ihme et al., 2008). Neben der initialen Bewertung der Hüftreifungsstörung dient der Ultraschall auch zur Verlaufskontrolle während der Behandlung (Nelitz & Reichel, 2008).

Reinhard Graf führte 1980 die Sonographie der Säuglingshüfte ein - ein nichtinvasives Diagnoseverfahren mit dem die knöchernen, knorpeligen und bindegewebigen Strukturen ohne jegliche Gesundheitsbelastung für die Patienten leicht zu beurteilen sind (Graf, 1980).

Zur adäquaten Durchführung des Hüftultraschalls nach Graf ist eine gewisse materielle Ausstattung von Nöten.

Für den Erhalt von qualitativ hochwertigen Bildern sollten laut Graf Linearschallköpfe von 5 -7,5 MHz mit einer Eindringtiefe von 4-6cm verwendet werden (Graf et al., 2006). Wichtig ist dabei, dass die Schallstrahlen senkrecht und parallel zur Körperachse einfallen, weshalb Schallkopfkippungen möglichst zu verhindern sind. Dies wird durch die Zuhilfenahme einer Lagerungsschale (siehe Abb. 4) sowie einer Schallkopfführung versucht (Graf et al., 2006).



Abb. 4: Hüftsonographie-Schale

Ziel der Untersuchung ist der Erhalt zweier auswertbarer Sonogramme (Graf et al., 2006). Zur Befundung werden in einem davon α - und β -Winkel nach Einzeichnung von 3 Hilfslinien gemessen (Graf et al., 2006). Ob dies besser am Ultraschallgerät selbst oder auf dem ausgedruckten Bild geschieht, ist noch immer umstritten. Zwei unabhängige Studien haben jedoch eindeutige Vorteile der manuellen Ausmessung mit Hilfe von Bleistift, Lineal und Goniometer gezeigt (Peterlein et al., 2012; Sariyilmaz et al., 2015).

Graf empfiehlt ein systematisches Vorgehen zur Erstellung und Befundung der Sonogramme (Graf et al., 2006):

1. Anatomische Identifizierung
2. Brauchbarkeitsprüfung inklusive Check auf Kippfehler
3. Deskriptiver Befund
4. Einzeichnen von 3 Messlinien und Angabe von α - und β -Winkel
5. Angabe des finalen Graf-Typs

Folgende Strukturen sollten zur anatomischen Identifizierung in der richtigen Reihenfolge erkannt werden (vgl. Abb. 5):

1. Knorpel-Knochen-Grenze
2. Hüftkopf
3. Umschlagfalte
4. Gelenkkapsel
5. Labrum
6. Knorpel
7. Knochen
8. Knöcherner Erker (= Umschlagpunkt der Pfannenkonkavität in Konvexität)

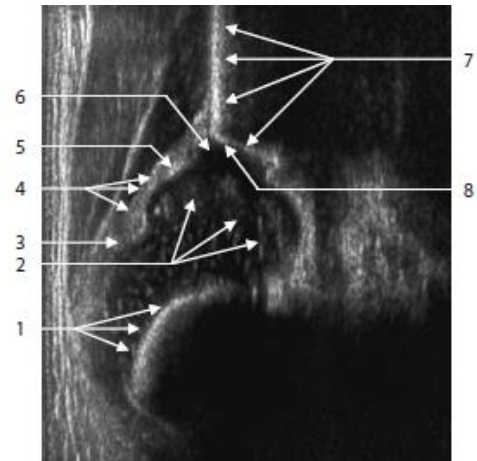


Abb. 5: Ultraschallbild zur anatomischen Identifizierung; linkes Hüftgelenk an Tag 1 (Graf et al., 2006, S. 27)

Kann auch nur eine dieser Strukturen nicht identifiziert werden, so muss das Sonogramm verworfen werden (Graf et al., 2006).

Bei der Brauchbarkeitsprüfung geht es darum, bestimmte Strukturen auf dem Sonogramm zu identifizieren (Graf et al., 2006). Der von Graf festgelegte Standardschnitt, wie in Abbildung 6, muss durch die Mitte des Acetabulums und die Mitte des Pfannendachbereichs gelegt sein. Dies ist am hell leuchtenden Echo des Unterrandes des Os ilium sowie an der gestreckten Iliumkontur erkennbar. Zusätzlich muss das Labrum auf dem Sonogramm erkennbar sein.

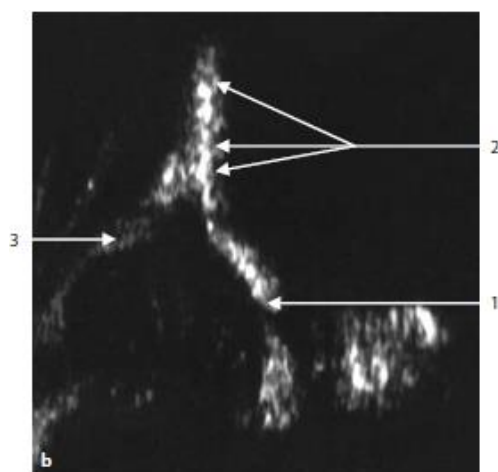


Abb. 6: Ultraschallbild eines linken Hüftgelenks nach 2 Wochen: 1. Unterrand Os ilium 2. Schnittebene akzeptabel 3. Labrum (Graf et al., 2006, S. 46)

Alle 3 Strukturen müssen korrekt dargestellt sein, um das Bild regelgerecht befunden zu können. Einzige Ausnahme stellt das Sonogramm eines dezentriertes Gelenk dar, bei dem der Unterrand des Os ilium bei gleichzeitiger Abbildung des luxierten Hüftkopfes fehlen kann (Graf et al., 2006). Insgesamt stellen die anatomische Identifizierung sowie die Brauchbarkeitsprüfung laut Graf selbst die größten Fehlerquellen dar (Graf et al., 2013).

Beim Einzeichnen der Messlinien ist es wichtig zu wissen, dass jede der 3 Linien ihre zwei eigenen anatomischen Messpunkte besitzt, sodass keine der Linien auf eine andere aufbaut. Dadurch können Messfehler in Grenzen gehalten werden (Graf et al., 2006).

Die Pfannendachlinie beginnt am Unterrand des Os ilium (hell leuchtendes Echo) und wird tangential an die knöcherne Pfanne angelegt, wie es die Abbildung 7 darstellt (Graf et al., 2006, S. 85).

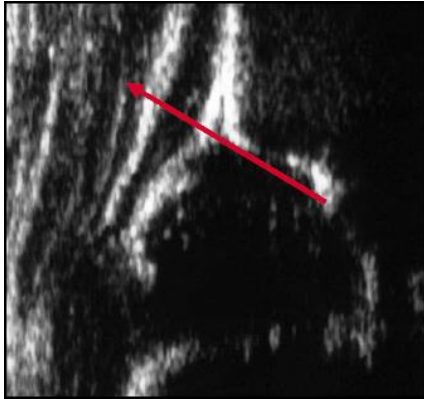


Abb. 7: Sonogramm einer rechten Hüfte mit eingezeichneter Pfannendachlinie (Graf et al., 2006, S. 85)

Die Grundlinie (siehe Abb. 8) wird zwischen oberstem Erkerpunkt (Ansatz der Rektussehne) tangential entlang der Darmbeinsilhouette nach distal gezogen. Sie muss nicht zwangsläufig senkrecht sein (Graf et al., 2006, S. 86).

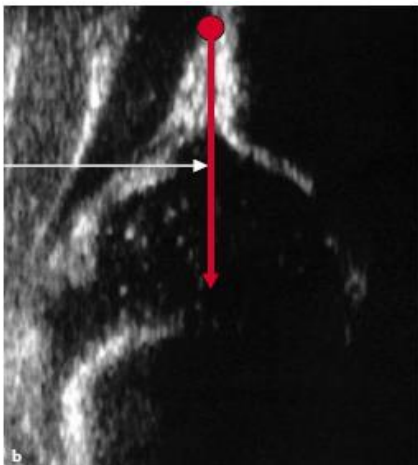


Abb. 8: Sonogramm mit eingezeichneter Grundlinie (Graf et al., 2006, S. 86)

Die Ausstelllinie (siehe Abb. 9) wird auch „Knorpeldachlinie“ genannt und ist die Verbindung vom knöchernen Erker (= Umschlagpunkt) mit der Mitte des Labrum acetabulare. Dabei ist der Umschlagpunkt häufig durch einen Echosprung markiert (Graf et al., 2006, S. 89).



Abb. 9: Sonogramm mit eingezeichneter Ausstelllinie (Graf et al., 2006, S. 89)

Schließlich werden in jedes Ultraschallbild mit Hilfe der 3 Messlinien zwei Winkel eingezeichnet (siehe Abb. 10).

Der Winkel α liegt zwischen der Pfannendach- und Grundlinie und ist ein Maß für die Ausformung der knöchernen Pfanne (Graf et al., 2006).

Der Winkel β wird zwischen der Grund- und der Ausstelllinie gemessen und ist Maß für die Ausformung des knorpeligen Pfannendachs (Graf et al., 2006).

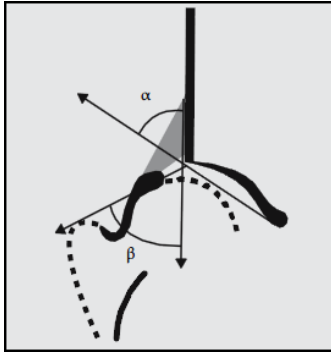


Abb. 10: α - und β -Winkel im Sonogramm (Graf et al., 2006, S. 95)

Abbildung 11 zeigt ein Sonogramm mit maschinell eingezeichneten Messlinien und den sich daraus ergebenden Winkeln, hier ein α -Winkel von 70° .

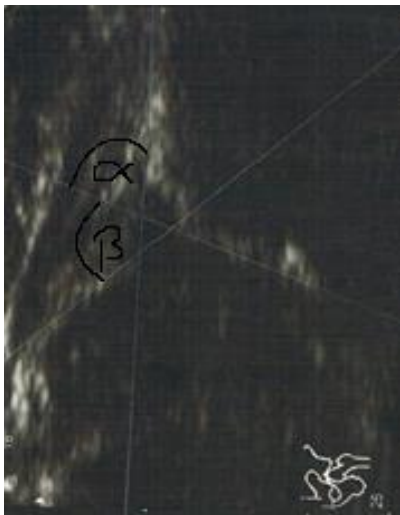


Abb. 11: Ultraschallbild aus der Kinderorthopädischen Ambulanz Großhadern mit am Ultraschallgerät eingezeichneten Messlinien sowie α - und β -Winkel.

Mit Hilfe des sogenannten Goniometers nach Graf (Abb. 12) kann schlussendlich jedem Winkel der entsprechende Hüfttyp nach Graf zugeordnet werden. Dieser ist ein Korrelat für die Schwere der Hüftreifungsstörung und bildet die Entscheidungsgrundlage für das weitere therapeutische Vorgehen (Graf et al., 2006).

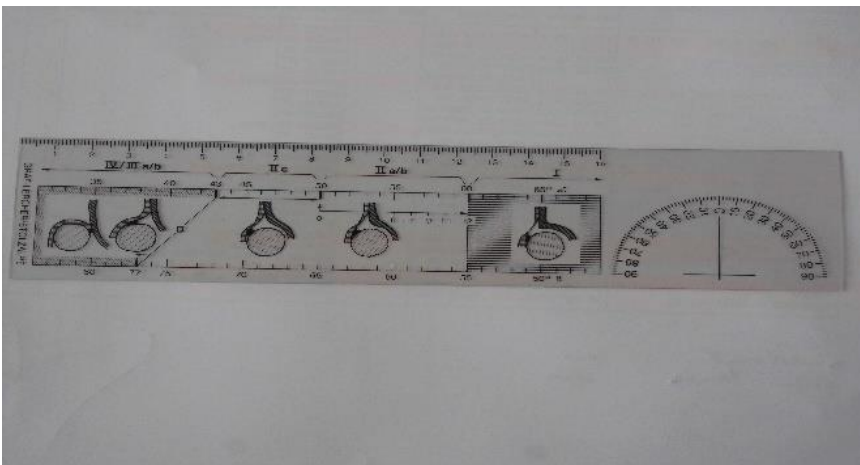


Abb. 12: Goniometer nach Graf

Tabelle 1 zeigt die von Graf 1980 erarbeitete Klassifikation der Hüfttypen, welche bis heute gültig ist (Graf et al., 2006, S. 77).

Hüfttyp	Knöcherne Formgebung	Knöcherne Erkerform	Knorpeliger Erker	Knochenwinkel α	Knorpelwinkel β
Ia reife Hüfte (jedes Alter)	gut	eckig/stumpf	übergreifend	60° oder größer	kleiner 55°
Ib reife Hüfte (jedes Alter)	gut	eckig/stumpf	übergreifend	60° oder größer	größer 55°
IIa (+) physiologisch unreife Hüfte altersentsprechend unter 12. LWo	ausreichend	rund	übergreifend	50–59° lt. Sonometer altersentsprechend	Anmerkung: plus/minus Einteilung in der Praxis erst ab der 6. Lebenswoche
IIa (–) unreife Hüfte mit Reifungsdefizit unter 12. Lebenswoche	mangelhaft	rund	übergreifend	50–59° lt. Sonometer nicht altersentsprechend	Anmerkung: plus/minus Einteilung in der Praxis erst ab der 6. Lebenswoche
IIb Verknöcherungsverzögerung über 12. Lebenswoche	mangelhaft	rund	übergreifend	50–59°	
IIc gefährdete oder kritische Hüfte (jedes Alter)	hochgradig mangelhaft	rund bis flach	noch übergreifend	43–49°	kleiner 77°
D Hüfte am Dezentrieren (jedes Alter)	hochgradig mangelhaft	rund bis flach	verdrängt	43–49°	größer 77°
IIIa Dezentrierte Hüfte (jedes Alter)	schlecht	flach	nach kranial verdrängt – ohne Strukturstörung	kleiner 43°	
IIIb Dezentrierte Hüfte (jedes Alter)	schlecht	flach	nach cranial verdrängt – mit Strukturstörung	kleiner 43°	
IV Dezentrierte Hüfte (jedes Alter)	schlecht	flach	nach medio-kaudal verdrängt	kleiner 43°	
Ausnahme: Typ II mit Nachverknöcherung (jedes Alter)	mangelhaft bzw. ausreichend	eckig als Zeichen der Nachreifung	übergreifend	50–59°	

Tab. 1: Beschreibung der Hüfttypen (Graf et al., 2006, S. 77)

In Abbildung 13 ist ein Sonogramm einer Typ I-Hüfte nach Graf zu sehen. Dabei zeigt sich eine bereits gut ausgebildete knöcherne Formgebung mit eckigem knöchernem Erker. Der knorpelige Erker umgreift den Hüftkopf deutlich.



Abb. 13 Beispiel-Sonogramm für eine Typ I - Hüfte nach Graf

Bei den Typ II-Hüften nach Graf (siehe Abb. 14) ist die knöcherne Formgebung dagegen nur ausreichend bis mangelhaft ausgebildet, der knöcherne Erker zunehmend rund, die knorpelige Überdachung jedoch noch immer übergreifend.



Abb. 14: Beispiel-Sonogramm für eine Typ IIa (+)-Hüfte nach Graf

Dies ist bei den Typ III-Hüften nach Graf (vgl. Abb. 15) nicht mehr der Fall. Hier ist die knöcherne Formgebung schlecht, der knöcherne Erker flach und das Pfannendach nach kranial verdrängt.

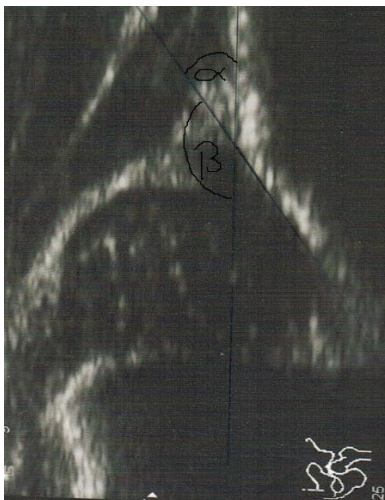


Abb. 15: Beispiel-Sonogramm für eine Typ IIIb-Hüfte nach Graf

Abbildung 16 stellt ein Beispiel-Ultraschallbild für eine dezentrierte Graf-Typ IV- Hüfte dar. Wie sich am Bild zeigt, ist die knöcherne Formgebung weiterhin schlecht, mit schlecht ausgebildetem knöchernem Erker und nach medio-kaudal verdrängtem Pfannendach.



Abb. 16: Beispiel-Sonogramm für eine Typ IV-Hüfte nach Graf

Durch die Sonographie erreichte frühe Diagnosestellung und den sich daran anschließenden frühzeitigen Therapiebeginn kann das hohe Reifungspotential des Pfannendaches in den ersten Lebenswochen genutzt und die Therapiedauer verringert werden (Nelitz & Reichel, 2008). Gleichzeitig kann sich das Acetabulum bestmöglich entwickeln (Lindstrom et al., 1979).

Während sich in USA die US Preventive Services Task Force 2006 aufgrund eines Mangels an schlüssigen Beweisen für einen besseren Erfolg gegen einen Hüftultraschall bei Säuglingen aussprach (Shipman et al., 2006), ist ein generelles Ultraschall-Screening in Österreich und der Schweiz bereits seit weit über zwanzig Jahren Normalität (Thallinger et al., 2014).

In Deutschland einigte man sich im Jahr 1996 auf ein allgemeines Ultraschallscreening, da auch Kinder ohne jegliche Risikofaktoren oder klinische Auffälligkeiten an einer behandlungsbedürftigen Hüft dysplasie leiden können und somit ein rein klinisches Screening nicht ausreichend wäre (Ihme et al., 2008).

Der Erfolg des Screenings zeigt sich in einer signifikanten Reduktion operativer Eingriffe aufgrund von Hüft dysplasien (von Kries et al., 2003; Wirth et al., 2004). Dazu fand eine neuere Fall-Kontroll-Studie aus dem Jahr 2012 eine um 52% niedrigere Rate erster operativer Eingriffe bei zusätzlichem Ultraschall zum klinischen Screening im Vergleich zu Patienten mit derselben Diagnose ohne Ultraschall-Screening (von Kries et al., 2012).

Weiterhin ist ein Ultraschall sehr geeignet, um die klinische Diagnose zu überprüfen und zu sichern (Delaney & Karmazyn, 2011). Auch Roposch et al. raten in ihrer Studie zu einer Diagnosefindung unter zu Hilfenahme anamnestischer und klinischer Kriterien sowie anhand von Ultraschall- und Röntgenergebnissen (Roposch et al., 2011).

Es gibt jedoch immer noch Anhänger eines rein selektiven Ultraschall-Screenings, das nur bei klinischer Instabilität und Risikofaktoren einen Schall vorsieht (Clarke et al., 2012; Mahan et al., 2009; Sewell & Eastwood, 2011).

Der richtige Zeitpunkt für den Hüftultraschall wird seit langer Zeit kontrovers diskutiert.

Er sollte genau dann terminiert sein, wenn alle pathologischen Hüften entdeckt werden können, die primär unreifen Hüften bereits nachgereift sind und gleichzeitig der Zeitpunkt des Therapiebeginns gewährleistet, dass eine maximale Anzahl der pathologischen Hüften vollständig ausheilen kann (Farr et al., 2008).

Am 1. Januar 1996 einigte man sich auf einen ökonomisch sowie medizinisch vertretbaren Kompromiss, der den Hüftultraschall beider Hüftgelenke zum festen und obligaten Bestandteil der Früherkennungsuntersuchung U3 macht, welche zwischen der 4. und 6. Lebenswoche durchgeführt werden muss (Lange et al., 2014).

Die Teilnahme am Screening lag laut einer Evaluationsstudie des hüftsonographischen Screenings zwischen 1997 und 2002 bei 95% (von Kries et al., 2012).

„Gefährdete“ Neugeborene mit klinischen Auffälligkeiten oder anamnestischen Risikofaktoren wie einer positiven Familienanamnese, d.h. bekannter Hüftdysplasie bei erstgradig Verwandten, werden entsprechend eines selektiven Screenings häufig bereits unmittelbar nach der Geburt geschallt (Heimkes, 2013; Lange et al., 2014)

2.4.2. Röntgenuntersuchung

Da die Sonographie nach dem ersten Lebensjahr durch die beginnende Verknöcherung des Femurkopfkerns nur noch schwer möglich ist, wird die a.p.-Röntgenaufnahme beider Hüften spätestens ab diesem Zeitpunkt zur Standardmethode bei der Überwachung dysplastischer Hüften (Dornacher et al., 2010; Mittelmeier et al., 1998; Tönnis, 1976; Utzschneider et al., 2016).

Bei der Diagnostik von Hüftreifungsstörungen im Kleinkindesalter sind die folgenden Messungen am Röntgenbild von Bedeutung:

Die Beckenübersichtsaufnahme a.p. (siehe Abb. 17) erfasst das gesamte Becken mit beiden Hüften inklusive des proximalen Femurs.

All diese Strukturen sind nötig, um das Becken als Ganzes beurteilen und Seitenunterschiede feststellen zu können. Viele Winkel und Strecken können auch nur an dieser Aufnahme gemessen werden (Tönnis & Legal, 1984).



Abb. 17: Beckenübersichtsaufnahme

Meist wird bei ausgestreckt liegenden Beinen geröntgt, sodass das Becken nicht verkippt werden kann. Wichtig dabei ist, die genaue a.p.-Lagerung der Kniegelenke und Schenkelhalse mit nach kranial

ausgerichteter Patella (Tönnis & Legal, 1984). Deshalb hält bei Kleinkindern eine weitere Person die Kniegelenke des Kindes mit beiden Händen umschlossen genau in Mittelstellung. Die dadurch bedingte leichte Beugung der Hüfte entspricht der physiologischen Hüftstellung des Säuglings (Tönnis & Legal, 1984).

Eine relevante Beckendrehung um die Längsachse verfälscht viele Winkel und muss daher vor jeglicher Messung ausgeschlossen werden (Tönnis & Legal, 1984).

Dazu vergleicht man schlicht die Querdurchmesser beider Foramina obturatoria miteinander und bildet so den Drehungsquotient:

$$\frac{\text{Querdurchmesser Foramen obturatum rechts}}{\text{Querdurchmesser Foramen obturatum links}}$$

Dieser Wert sollte zwischen 1,8 und 0,56 liegen, da der daraus resultierende Unterschied zwischen den beiden AC-Winkeln im Durchschnitt nur etwa 2° beträgt. Dabei wird der Winkel auf der Seite zu der das Becken gedreht ist niedriger (Tönnis & Legal, 1984).

Zur Überprüfung der Beckenübersichtsaufnahme auf Verkippung dient der Index von Ball und Kommenda (Ball 1979; Tönnis & Legal, 1984).

Dabei wird der vertikale Durchmesser des Foramen obturatum bestimmt und ins Verhältnis zum Abstand des Os pubis von der Hilgenreiner-Linie in der Nähe der Symphyse gesetzt:

$$\frac{\text{Vertikaler Durchmesser Foramenen obturatum}}{\text{Abstand Os pubis – Hilgenreiner-Linie}}$$

Bei regelgerechter Lagerung des Beckens beträgt der Index 0,75 -1,2 (Tönnis & Legal, 1984).

Die Hilgenreiner-Linie stellt nach ihrem Begründer die Verbindungslinie der beiden Y-Fugen dar (Hilgenreiner, 1925). Um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, einigte man sich darauf, sie am untersten Knochenpunkt der Beckenschaufeln anzulegen, wo das Pfannendach beginnt. Diesen Punkt berührt auch die Pfannendachtangente, welche zur Berechnung des AC-Winkels benötigt wird (Tönnis & Legal, 1984).

Die Linie nach Ombrédanne und Perkins wird am lateralsten Punkt des Pfannendachs angelegt und steht senkrecht zur Hilgenreiner-Linie, welche sie überkreuzt (Ombrédanne, 1923)

Die Lage des Hüftkopfkerns im Röntgenbild ist zur Beurteilung einer geglückten Reposition nach Hüftgelenksluxation eine wichtige Orientierungshilfe (Tönnis & Legal, 1984).

Hierzu zeichnet man Hilgenreiner und Ombrédanne-Perkins Linie ein, erhält somit 4 Quadranten und kann die sogenannte 4-Quadranten-Lage des Hüftkopfkerns bestimmen (siehe Abb. 18):

Normalbefund:	Hüftkopfkern liegt im unteren inneren Quadranten
Subluxation:	Kopfkern kommt mehr im oberen inneren Quadranten zu liegen
Luxation:	Kopfzentrum im unteren äußeren Quadranten
Hohe Luxation:	Hüftkopfkern im oberen äußeren Quadranten

Normalerweise bildet die kraniale Umrandung des Foramen obturatum mit der Verlängerung der medialen Schenkelhalskontur einen glatten Bogen, welcher als Orientierungslinie nach Shenton und

Ménard bezeichnet wird (Hefti et al., 2008, S. 181) Bei einer Luxation ist dieser Bogen, wie in Abbildung 18 verdeutlicht, unterbrochen, da der Schenkelhals höher tritt (Hefti et al., 2008, S. 181). Diese Linie darf nur bei nicht-außenrotiertem Femur beurteilt werden. Dies zeigt sich am deutlich sichtbaren Trochanter major und nur leicht nach vorn springendem Trochanter minor (Tönnis & Legal, 1984).

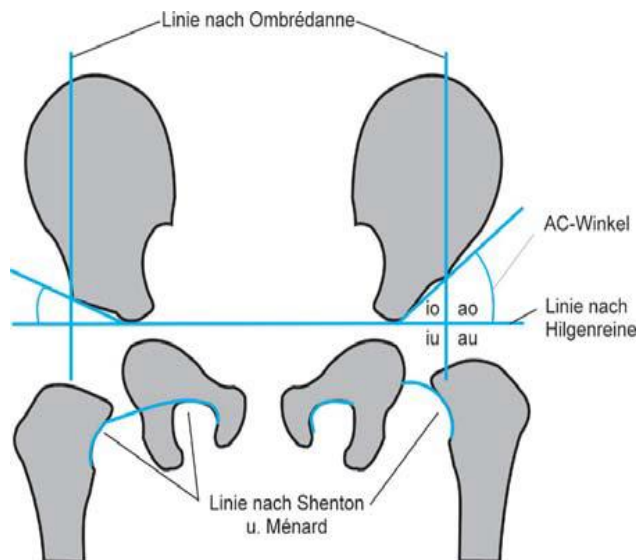


Abb. 18: Hilfslinien zur Beurteilung des Röntgenbildes der Säuglingshüfte (Hilgenreiner, 1925; Ombrédanne, 1923; Tönnis & Legal, 1984)

4-Quadranten-Einteilung: *ao* außen oben; *io* innen oben; *au* außen unten; *iu* innen unten (Hefti et al., 2008, S. 180)

Der AC-Winkel (Pfannendachwinkel nach Hilgenreiner) wird er im Deutschen auch als „Pfannenwinkel“ oder „Pfannenneigungswinkel“ bezeichnet, was zu Verwechslungen und Verwirrung führen kann. Im englischsprachigen Raum hat er sich als „acetabular index“ eingebürgert. Er wird wie in Abbildung 19 dargestellt zwischen der Hilgenreiner-Linie und einer Tangente vom untersten Punkt des Os ilium zur lateralsten Ecke des Pfannenerkers gemessen (Hilgenreiner, 1925). Das Problem bei diesem Winkel ist seine starke Abhängigkeit von der Drehung und Kippung des Beckens. Die Normalwerte dieses Winkels verändern sich mit der Entwicklung (Tönnis & Legal, 1984).

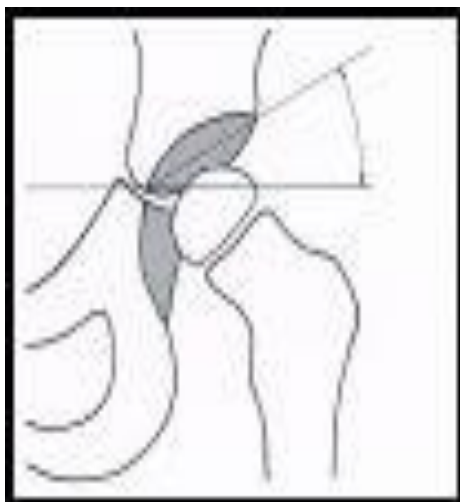


Abb. 19: AC-Winkel (Tönnis & Legal, 1984, S. 122)

2.5. Therapiemöglichkeiten der Hüftreifungsstörung

Die Therapie der Hüftreifungsstörung stellt eine Herausforderung für die Behandelnden dar und baut auf deren Erfahrung, da eine klare Definition einer pathologischen und behandlungsbedürftigen Hüfte noch immer fehlt (Sewell & Eastwood, 2011).

Trotz klarer Empfehlungen zur Diagnostik und Therapie der Säuglingshüfte sind sich Kinderorthopäden weiterhin uneinig (Dwan et al., 2017; Multerer & Döderlein, 2014; Nelitz & Reichel, 2008), besonders bei der Beurteilung physiologisch unreifer und dezentrierter Hüftgelenke (Seidl, Placzek, et al., 2012).

Das Ziel der Behandlung jedoch ist klar: Der physiologischen Entwicklung einer konkaven Hüftgelenkspfanne als Antwort auf einen zentriert stehenden sphärischen Hüftkopf möglichst nahe zu kommen (Ziegler et al., 2008).

Während sich die Wissenschaft bei Hüftgelenkluxationen einig ist, dass die Erfolgchancen einer jeden Therapie steigen, je jünger das Kind bei Behandlungsbeginn ist (Schilt, 2001; Seidl, Lohmaier, et al., 2012; Seidl, Placzek, et al., 2012), empfehlen Tönnis und Trede für dysplastische und subluxierte Hüften eine Abspreizbehandlung auch noch bei spät diagnostizierten Fällen bis zu einem Alter von 12 Monaten anzuwenden (Tönnis & Trede, 1970). Für Großbritannien vertreten Sewell und Eastwood dagegen die Meinung, dass für stabile Graf Typ II Hüften eine regelmäßige Überwachung mittels Ultraschall reiche. Für luxierte und klinisch instabile Hüften empfehlen die Briten in ihrer Literaturübersichtsarbeit ebenfalls das frühzeitige (vor 7 Wochen) Schienen (Sewell & Eastwood, 2011).

Im Laufalter gefundene Hüftluxationen werden in Deutschland mit einer offenen Reposition sowie falls nötig mit einer operativen Reorientierung des Pfannendachs und ggf. des koxalen Femurendes behandelt, um Reluxationen und Hüftkopfnekrosen zu vermeiden (Hefti et al., 2008, S. 190; Pemberton, 1965; Salter, 1961; Ziegler et al., 2008). Eine retrospektive Analyse aus Taiwan empfiehlt ebenfalls genau dieses Vorgehen mit anschließender obligatorischer Salter-Osteotomie an (Huang & Wang, 1997).

Anlässlich einer Analyse zum natürlichen Verlauf von Hüftreifungsstörungen sehen Ziegler et al. bei Kleinkindern mit pathologischen AC-Winkeln, jedoch klinisch stabilen, gut zentrierten Hüftgelenken, aufgrund spontaner Nachreifung keine Therapienotwendigkeit. Sie sind sich mit Kollegen einig, dass hier klinische und radiologische Nachkontrollen ausreichen (Dornacher et al., 2010; Utzschneider et al., 2016; Ziegler et al., 2008).

In USA kommen ebenfalls Spreizhosen für subluxierte Hüften zum Einsatz. Über 6 Monate alte Kinder mit repositionsbedürftigen Hüften werden direkt geschlossen oder offen reponiert und im Anschluss mit einem Becken-Bein-Gips versorgt (Delaney & Karmazyn, 2011).

2.5.1. Ursprünge der Abspreizbehandlung

F. Becker beschreibt bereits in seinem 1969 verfassten Fortbildungsaufsatz über „die konservative Behandlung der Hüftdysplasie und Hüftverrenkung“ ein gehäuftes Auftreten von Hüftluxationen durch gewaltsame Hüftstreckung bei Säuglingen.

Diese gefährdende Wickelung bzw. Bandagierung beobachtete er selbst in Ecuador (Becker, 1969).

In Kulturkreisen wie Afrika oder Japan, wo Säuglinge in Spreiz-Hock-Stellung auf dem Rücken ihrer Eltern „huckepack“ getragen werden, wird dagegen kaum über Hüftluxationen bzw. sogar über deren Spontanheilung berichtet (Hefti et al., 2008; Nagura, 1973).

Becker ist der Ansicht, die generelle Versorgung aller Säuglinge mit einer Spreizwindel in den ersten Lebensmonaten und die dadurch erreichte Abspreizstellung beuge einer fehlerhaften Hüftentwicklung vor und führe sogar zu einer Reduktion der pathologischen Hüften bis um die Hälfte (Becker, 1969).

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich die Erkenntnis, dass die Beine des Säuglings schonend behutsam und langsam aus der intrauterinen Hock-Beuge-Haltung in die normale Streckstellung überführt werden sollten (Becker, 1969). Dabei ist es Becker zu Folge am besten, sie zunächst dem eigenen Bewegungstrieb des Kindes zu überlassen und sie nicht von außen in eine gewisse Haltung zu zwingen (Becker, 1969). Er sieht die Funktion als die am stärksten formgebende Komponente und ist somit ein Verfechter der „form follows function“ Theorie (Becker, 1969).

Auch Hien empfiehlt in seiner Arbeit die postpartale physiologische Beugekontraktur bei Säuglingen möglichst lange beizubehalten (Hien, 2004).

2.5.2. Entwicklung der „Spreizhose“

Seit den 50er Jahren hat Becker die Frühbehandlung mit „Spreizhosen“ vorangetrieben. Er selbst hat seine Hose bereits damals zur Repositionsbehandlung verwendet (Mittelmeier et al., 1998).

Mittelmeier hat nach einer biomechanisch-muskeldynamischen Wirkungsanalyse das Prinzip der „funktionellen“ Behandlungsweise etabliert und daraufhin die „Aktiv-Spreizhose“ entwickelt (Mittelmeier et al., 1998). Diese wurde von Becker und Graf verbessert und schließlich zum in Abbildung 20 dargestellten „Idealspreizhöschen“ nach Mittelmeier und Graf weiterentwickelt (Mittelmeier et al., 1998). Dieses „Idealspreizhöschen“ sollte durch den Einbau von Beuge-Vorhaltekeilen eine stärkere Flexion bei nur gemäßigter Abspreizung bedingen, sowie Bewegungsfreiheit garantieren (Mittelmeier et al., 1998).



Abb. 20: Ideal-Spreizhose nach Mittelmeier-Graf mit Fixationsbügeln in gekreuzter Stellung

Ziel all dieser Spreizhosen war, eine durch Strampelbewegungen selbständige Zentrierung des Hüftkopfes im Bereich des Pfannengrundes im Sinne einer „funktionellen Abspreizung“ (Mittelmeier et al., 1998). Damit sollte eine Entlastung sowie stabilisierende Formverbesserung des Pfannendaches unter Vermeidung von ischämischen Hüftkopfnekrosen erreicht werden (Mittelmeier et al., 1998).

2.5.3. Besonderheiten der Therapie mit der „Becker-Schiene“

Becker war ein Verfechter der „funktionellen atraumatischen Spreizbehandlung“ mit dem Ziel der Hüftkopfzentrierung in der Tiefe der Hüftpfanne (Becker, 1969). Dies sollte möglichst schonend erfolgen, ohne dabei die sehr empfindliche Kopfeiphyse zu beschädigen (Becker, 1969).

Dafür empfiehlt er die von ihm seit 1949 angewandte Spreizbandage, die er in seinem Aufsatz aus dem Jahr 1969 noch „Spreizhöschen“ nennt, oder die von Pavlik 1944 entwickelte „Riemenbügelbandage“. Für besonders hartnäckige Fälle beschreibt er auch die Anwendung einer Kombination aus beiden (Becker, 1969).

Beide Methoden verhindern die für die Hüftgelenksentwicklung schädliche Streckung der Beine und führen laut Becker die Hüften langsam aber sicher an die sogenannte Lorenz-Position heran (Becker, 1969). Diese wurde 1895 von Lorenz beschrieben (Lorenz, 1895), fixiert die Hüftgelenke in 90° Abduktionsstellung und wird daher auch als „Frosch-Stellung“ bezeichnet (Hefti et al., 2008, S. 178). Sammelstatistiken des Arbeitskreises für Hüftdysplasie aus dem Jahr 1976 haben jedoch gezeigt, dass diese maximale Abspreizstellung mit einem hohen intraartikulären Druck einhergeht und so ein hohes Risiko für Hüftkopfnekrosen birgt (Tönnis & Legal, 1984, S. 213), weshalb das „Becker-Spreizhöschen“ daraufhin in Verruf geraten war.

Becker selbst empfiehlt allerdings bereits in seinem 1969 verfassten Aufsatz, die Abspreizung sollte je nach Adduktorenspannung nicht gleich zu Beginn gewaltsam erzwungen, sondern sich langsam daran angenähert werden (Becker, 1969).

Wichtig ist ihm ebenfalls, die Hüften dabei beweglich zu halten, sodass der funktionelle Reiz, sprich die Bewegung selbst, zur vollen Ausreifung der Pfanne führt (Becker, 1969). Aus diesem Grund rät er auch von einer starren Fixierung im Gips ab und ist Gegner einer gewaltsamen Reposition (Becker, 1969).

Das von Becker angewandte „Spreizhöschen“ gleicht im Prinzip dem „Freykaschen Spreizkissen“ und eignet sich seiner Meinung nach vor allem für jüngere Kinder bis zum Alter von maximal einem Jahr, Subluxationen und leichtere Grade der Luxation (Becker, 1969).

Es ist darauf zu achten, dass die Bandage stets groß genug ist, sodass die Pelotte bis zu den Epikondylen des Femur hinabreicht (Becker, 1969). Eine zu kleine Hose mit Pelotten nur bis zur Mitte des Femur (siehe Abb. 21), würde gerade das Gegenteil bewirken und als Hypomochlion den Hüftkopf aus dem Gelenk nach oben heraushebeln (Becker, 1969).

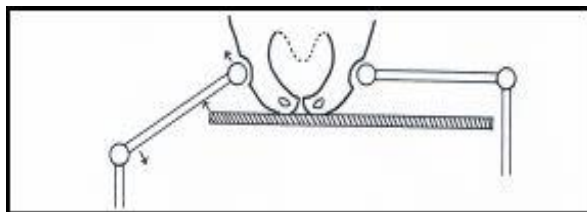


Abb. 21: Mechanismus bei zu kleiner Pelotte der Spreizhose (Becker, 1969)

Gleichzeitig muss die Pelotte auch vorne am Rumpf weit genug nach oben reichen, sodass die Beine nicht von der Seite kommend nach vorne über die Pelotte geschlagen werden können (Becker, 1969).

2.5.4. Konservative Therapie: 3 Stufen-Schema nach Graf

Trotz Fehlen eines allgemeingültigen Therapiealgorithmus beruhen die meisten in der deutschsprachigen Literatur zu findenden Therapieempfehlungen auf dem in Tabelle 2 gezeigten, von Graf erarbeiteten Stufenschema (Nelitz & Reichel, 2008).

Dieses umfasst drei Phasen, die von jeder Hüfte während ihrer Entwicklung durchlaufen werden müssen: Reposition, Retention, Nachreifung (Graf, 1997).

Dafür ist es zunächst notwendig, zu erkennen, ob es sich bei der vorliegenden Hüftreifungsstörung um eine Hüft dysplasie mit oder ohne Luxation des Hüftkopfes handelt (Graf, 1997).

Liegt ein dislozierter, luxierter Hüftkopf vor, so muss dieser zuerst reponiert werden (Graf, 1997).

Befindet sich der Hüftkopf danach wieder an der richtigen Position tief in der Pfanne, gilt es, ihn in der Retentionsphase dort zu halten und zu stabilisieren mit dem Ziel einer Remodellierung der durch die Luxation deformierten Hüftpfanne (Graf, 1997).

Schließlich muss das hyalin knorpelig präformierte Pfannendach in der Nachreifungsphase verknöchern, um nachhaltige Stabilität zu gewährleisten und eine Restdysplasie zu verhindern (Graf, 1997).

Für stabile aber dysplastische Hüften beginnt das Schema mit Stufe 3, der sogenannten „Nach- bzw. Ausreifung“ (Graf, 1997).

In seinem Schema sieht Graf eine Behandlung erst ab Hüft-Typ II a (-) vor (Graf, 1997).

Die Hüfttypen I a/b werden von ihm als physiologisch angesehen und bei Typ II a (+) verlässt er sich auf das eigenständige Ausreifungspotential der noch jungen und gut verformbaren Hüften (Graf, 1997).

Um über die gesamte Behandlungszeit hinweg die Bildung von Hüftkopfumbaustörungen bzw. – nekrosen sowie Restdysplasien zu vermeiden, empfiehlt er während den ersten beiden Phasen eine Stellung der Hüftgelenke, die mindestens 90° Flexion, aber nicht mehr als 45-50° Abduktion beträgt (Graf, 1997).

Als allgemeingültige Voraussetzung für eine erfolgreiche Therapie nennt Graf allen voran die Compliance der Eltern, welche während der ambulanten Behandlung mit verstellbaren Orthesen enorm wichtig ist (Graf, 1997). Zusätzlich sind bei einer nicht-stationären Therapie regelmäßige Kontrollen zu gewährleisten, um die Behandlung zeitlich optimal gestalten zu können (Graf, 1997).

Behandlungskonzept Phase	Typ	Behandlung (Graf)	Alternativ?	Bemerkung
1. Reposition (luxierte Gelenke)	III–IV Typ D	Overhead Durchführung Sonographie Manuelle Reposition	Repositionsorthese Pavlik, Hanausek, Düsseldorf, Fettweis-Schiene etc.	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Kontrollmöglichkeiten?</div> <div style="margin-left: 10px;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Compliance Eltern?</div> </div> </div>
2. Retention (ehem. luxierte, reponierte, instabile Gelenke)	alle reponierten Gelenke instabile IIc (Ausnahme: instabile Neugeb. IIc)	Sitz-Hock-Gips (~ 4 Wochen)	Retentionsorthese Pavlik, Fettweis-Orthese, Düsseldorf S. etc.	
3. Nachreifung (stabile, »dysplastische« Gelenke)	alle retenierten Gelenke	Graf-Mittelmeier-Spreizhose	Nachreifungsorthese Schienen, Spreizhosen, Pavlik, Bernau etc.	Versuch 4 Wochen ↓ stabil – Fortsetzung → instabil – Retention im Sitz-Hock-Gips
	instabile Neugeborene IIc stabile IIc IIa(-)/IIb	Graf-Mittelmeier – " – Graf-Mittelmeier – " –	Fettweis, Hilgenreiner, Optimalschale, Aktiv-spreizhose etc.	

Tab. 2: 3 Stufen-Schema nach Graf mit Übersicht über die Behandlungsphasen und die möglichen Behandlungsmittel (Graf et al., 2006, S. 159)

2.5.4.1. Reposition

Die durch den Hüftultraschall immer frühere Diagnose geht mit wesentlich mildereren Formen der Luxation einher, was sich auch an den weniger ausgeprägten patho-anatomischen Strukturveränderungen in der Gelenkpfanne zeigt (Graf, 1997). Aus diesem Grund kann eine selbstständige Reposition (= „Spontanreposition“) häufig durch die alleinige Anwendung von Beuge-Abspreizorthesen erreicht werden (Graf, 1997).

Für Säuglinge bis zum neunten Lebensmonat wird die 1957 eingeführte „Riemenbandage nach Pavlik“ hierzu immer noch häufig verwendet (Graf, 1997).



Abb. 22: Pavlik-Bandage

Sie besteht aus zwei sich im Rücken kreuzenden Schulterriemen, einem breiten Brustgurt, sowie zwei Gurten zur steigbügelartigen Umfassung der Oberschenkel (Hefti et al., 2008).

Dieser komplexe Aufbau soll zunächst eine 110°-ige Flexion in Adduktionsstellung, nach Nachlass der Adduktorenspannung dann eine Abduktion von 40-60° ermöglichen, sodass durch die Strampelbewegungen des Kindes eine eigenständige Reposition ausgelöst werden kann (Hefti et al., 2008).

Ein Vorteil dieser Bandage ist die bessere axillare Abduktion (Hefti et al., 2008). Allerdings machen die vielen Bänder aus Stoff die Schiene bald unhygienisch, das Anlegen kompliziert und den Therapieerfolg somit stark von der elterlichen Compliance abhängig (Hefti et al., 2008).

Sie soll jedoch bis über 90% der luxierten Hüften erfolgreich reponieren und Vorteile bei subluxierten Typ III Hüften nach Graf zeigen (Graf, 1997). Sie wurde auch von Nelitz und Reichel sowie Tönnis und Trede zur Reposition von luxierten Hüften empfohlen (Nelitz & Reichel, 2008; Tönnis & Trede, 1970). Eine neue Studie empfiehlt die „Ilfeld-Orthese“ als Folgetherapie nach gescheiterter Pavlik-Bandage und fand vergleichbar gute Repositionserfolge und weniger Hüftkopfnekrosen als bei manueller Reposition mit Gips-Behandlung (Sankar et al., 2015).

Bei älteren Kindern sowie häufig bei Typ IV Hüften nach Graf ist eine spontane Reposition aufgrund von intra- und extraartikulären Hindernissen nicht möglich (Graf, 1997; Hefti et al., 2008; Nelitz & Reichel, 2008). Dabei kann ein erhöhter Adduktorentonus die Abspreizung behindern oder ein nach kaudal eingeschlagener Teil des hyalinknorpeligen Pfannendaches steht der spontanen Reposition im Wege (Nelitz & Reichel, 2008).

Zur Vorbereitung dieser Hüften auf eine manuelle Reposition in Kurznarkose wandte Pravaz bereits 1847 Traktionsbehandlungen an (Pravaz, 1847). Namentlich handelt es sich dabei um die reine oder abgewandelte „Längsextension“ oder die sogenannte „Overheadextension“, bei der die Beine zunächst abgespreizt und später dann noch in die Länge gezogen werden (Hefti et al., 2008). Hierzu gibt es auch neuere Entwicklungen wie die „flexion and abduction continuous traction“-Methode aus Japan (Fukiage et al., 2015).

Ziel all dieser Traktionsbehandlungen ist es, die verkürzte Adduktoren-Muskulatur zu dehnen und das gesamte Hüftpfannen-System zu lockern (Graf, 1997). In einigen Fällen wird dabei bereits eine graduelle Selbstreposition erreicht, sodass die sich daran anschließende manuelle Reposition nicht mehr notwendig ist (Hefti et al., 2008).

Bei der 1955 durch Craig eingeführten „Overhead-Extension“ (Craig et al., 1955) wird über Bandagen, Rollen und Schnüre ein Gewicht von ca. 1 -1,5 kg an die Beine des Kindes gebunden und ein Längszug ausgeübt (Hefti et al., 2008). Dabei wird mit einer Flexion von über 90° begonnen und durch zunehmende Abspreizung nach ungefähr einer Woche eine Abduktion von maximal 70° angestrebt (Hefti et al., 2008). Die reduzierte Abspreizung bis 70° anstatt bis 90° soll das Risiko für eine Hüftkopfnekrose minimieren (Hefti et al., 2008).



Abb. 23: Overhead-Extension

Andere Orthesen wie der „Hanausek-Apparat“, welcher sich neben der Reposition auch zur Retention eignet, finden heutzutage keine Anwendung mehr (Graf, 1997).

Historisch manuelle Repositionsmethoden, wie von Lorenz und Lange beschrieben, sind heutzutage obsolet und finden nur noch in modifizierter Form Anwendung, da sie einen hohen intraartikulären Druck hervorrufen und daher häufig zu Hüftkopfnekrosen führen (Graf, 1997; Hefti et al., 2008).

2.5.4.2. Retention

Nach erfolgreicher Reposition des Hüftkopfes in die Pfanne sollte diese Stellung noch für mindestens 2-4 Wochen gehalten werden, da der Hüftkopf aufgrund des instabilen Gelenks und der schlaffen Gelenkkapsel immer noch zu relaxieren droht (Graf, 1997). Andere Autoren empfehlen die Immobilisation sogar für 6 (Utzschneider et al., 2016) bzw. 8-12 Wochen (Hefti et al., 2008). Insgesamt ist das Kopf-Pfannensystem noch sehr inkongruent, sodass der Hüftkopf in dieser Phase sicher in einer pfannendachentlastenden Position fixiert werden muss (Graf, 1997). Nur ein im Acetabulum zentrierter immobilisierter Hüftkopf kann ein optimales Remodelling der verformten Pfanne sicherstellen (Graf, 1997).

Zum Einsatz kommen dabei unterschiedliche Orthesen, wie die „Pavlik-Bandage“ oder der modifizierte „Fettweis-Gips“ mit Kopftiefeinstellung in Sitz-Hock-Position (Graf, 1997).

Nach einer manuellen Reposition der Hüfte durch leichten Zug, Flexion und Abduktion wird dem Kind ein solch modifizierter „Fettweis-Gips“, zumeist in Kurznarkose, angelegt. Der Gips wird erfahrungsgemäß in jedem Alter gut toleriert (Graf, 1997).



Abb. 24: modifizierter Becken-Bein-Gips nach Fettweis

Über die optimale Gipsform wird nach wie vor viel diskutiert, da es sehr wichtig ist, dabei die sogenannte „Frosch-Stellung“, bzw. „Lorenz-Position“ zu verhindern, welche mit einem hohen Risiko für Hüftkopfnekrosen verbunden ist (Graf, 1997). Aus diesem Grund empfehlen Graf, sowie Hefti, eine Flexion der Hüftgelenke von 90°-100° bei milder Abduktion von max. 50° zu berücksichtigen (Graf, 1997; Hefti et al., 2008), was die Nekroserate auf 2-4% senkt (Tönnis & Legal, 1984).

Die Kniegelenke werden mit eingegipst und die Polsterung des Gipses ermöglicht Mikrobewegungen im Hüftgelenk, welche für die Knorpelernährung wichtig sind (Hefti et al., 2008).

2014 wurde in Thailand eine neue 4-Punkt-Gipsform entwickelt (Leeprakobboon et al., 2014).

Graf selbst weicht für eine sichere Retention nur bei instabilen Typ IIc-Hüften innerhalb der 1. Lebenswoche vom „Fettweiß-Gips“ ab (Graf, 1997). Diese neugeborenen Säuglinge behandelt er getreu seinem Schema für 4 Wochen mit einer straff-sitzenden „Mittelmeier-Graf Spreizhose“ (Graf, 1997). Dabei sieht er diese Spreizorthese bei der noch geringen Eigenmotorik in diesem frühen Lebensabschnitt als ausreichend für eine sichere Retention an (Graf, 1997).

Während sich im angloamerikanischen Raum die „Pavlik-Bandage“ auch zur Retention durchgesetzt hat (Shipman et al., 2006), finden im deutschsprachigen Raum auch andere Orthesen wie die „Hoffmann-Daimler-“ oder die „Düsseldorfer-Schiene“ zur Retention instabiler bzw. reponierter Hüften Anwendung (Graf, 1997; Nelitz & Reichel, 2008).

2.5.4.3. Nachreifung

Handelt es sich bei der Hüftreifungsstörung von vorn herein um eine Dysplasie, d.h. eine ungenügende aber stabile Ausbildung des Hüftgelenks ohne Dezentrierung, finden Hüftbeugeschienen Anwendung, die die Hüften in der angestrebten Sitz-Hock-Stellung halten. Zu diesen sogenannten Nachreifungsorthesen zählen auch die „Mittelmeier-Graf-Spreizhose“ oder die „Tübinger-Hüftbeuge-Schiene“, welche auch zur Ausreifung von ehemals instabilen bzw. luxierten, nun reponierten und retenierten Gelenken verwendet werden (Graf, 1997; Hefti et al., 2008; Nelitz & Reichel, 2008).

Das „Idealspreizhöschen“ nach Mittelmeier-Graf führt durch den Einbau von Beuge-Vorhaltekeilen zu einer stärkeren Flexion bei nur gemäßigter Abspreizung und voller Bewegungsfreiheit der Beine (Mittelmeier et al., 1998). Bei Neugeborenen wird es vorwiegend in der gekreuzten Stellung angewendet, bei älteren Säuglingen in ungekreuzter Stellung (Mittelmeier et al., 1998).

Die „Tübinger-Hüftbeuge-Schiene“ ist aus hartem Kunststoff und daher starrer (Hefti et al., 2008). Sie hat einen festen Metallsteg zwischen den Beinschalen, wodurch auch hier eine stärkere Flexion im Vergleich zur Abduktion sichergestellt wird (Hefti et al., 2008).



Abb. 25: „Tübinger-Hüftbeuge-Schiene“ mit Flexion um ca. 90°, Abduktion um ca.

Sie stellt in Deutschland momentan die Standardmethode zur Behandlung stabiler Dysplasien dar und eignet sich laut einer Untersuchung von Seidl et al. auch zur Therapie instabiler Typ IIc- und D-Hüften, sowie zur Reposition luxierter Typ III-Hüften (Seidl, Lohmaier, et al., 2012). In Ausnahmefällen, wie beispielsweise bei sehr schnell wachsenden oder adipösen Säuglingen, kann eine erfolgte Reposition auch mit Hilfe dieser Schiene gehalten werden, die in diesem Fall unter der Kleidung zu tragen ist (Seidl, Lohmaier, et al., 2012).

Allerdings wurde festgestellt, dass durch ihren Aufbau über 90% des Körpergewichts der Kinder auf die Schultern übertragen wird (Froehlich et al., 2012).

2.5.5. Operative Maßnahmen

2.5.5.1. Operative Maßnahmen im ersten Lebensjahr

2.5.5.1.1. Offene Reposition

Diese Operation eignet sich für Kinder vom 1. – 4. Lebensjahr (Debrunner, 2005; Hefti et al., 2008). Dabei ist sie im ersten Lebensjahr allerdings nur Methode der Wahl bei besonders schwer einzustellenden oder sehr spät diagnostizierte Hüftreifungsstörungen nach misslungener geschlossener Reposition (Hefti et al., 2008, S. 190).

Ziel dieses Eingriffes ist es, einen zu hohen intraartikulären Druck zu verhindern und den Femurkopf tief in die Pfanne einzustellen (Hefti et al., 2008, S. 190). Zahlreiche Untersuchungen sehen hierhin den wichtigsten prognostischen Faktor für die weitere Entwicklung des operierten Hüftgelenks (Chen et al., 1994; Forlin et al., 1992).

Bei der Durchführung wird mit einem Schnitt oberhalb des Leistenbandes begonnen, der Zugang von ventral, dorsal, medial oder lateral ermöglicht. Danach wird in Richtung des Hüftgelenks gearbeitet, sowohl von medial des M. psoas, als auch von lateral, um das komplette Acetabulum auszuräumen und von Weichteilen zu befreien. Dazu muss meist das Ligamentum teres capitis entfernt werden. Schließlich muss die erweiterte Gelenkkapsel gerafft werden und bei einer hohen Luxation eventuell das Femur gekürzt werden (Hefti et al., 2008, S. 190).

Es folgt eine Nachbehandlung mit dem „Becken-Bein-Gips“ in Sitzhockstellung für mindesten 6 Wochen und im Anschluss die Ausreifung in einer Hüftbeugeschiene (Hefti et al., 2008, S. 190).

2.5.5.1.2. Intertrochantäre Varisations-Derotationsosteotomie

Eine femorale Antetorsion (= Innenrotation des Femurs), welche keinen festen Bestandteil der kongenitalen Hüftdysplasie darstellt, kann eine dauerhafte Einstellung der Hüfte erschweren (Hefti et al., 2008, S. 191). Daher sollte sie im Rahmen einer offenen Reposition immer mitberücksichtigt und individuell mit der hier beschriebenen intertrochantären Varisations-Derotationsosteotomie korrigiert werden (Sankar et al., 2009).

Ziel dieser Operation ist es, durch Druckumverteilung direkt die Form des Acetabulums zu verbessern (Schoenecker et al., 1995).

Aufgrund ihrer unbefriedigender Ergebnisse und rascher Revalgisierung ist sie inzwischen in Europa und den USA umstritten und daher zu einem im ersten Lebensjahr eher seltenen Eingriff geworden (Hefti et al., 2008, S. 191). Stattdessen werden zunehmend acetabuloplastische Eingriffe mit viel besseren Langzeitergebnissen praktiziert (Hefti et al., 2008, S. 191 f.; Matthiessen, 2016). Die beschriebene Methode findet heutzutage vor allem als additives Verfahren zur Beckenosteotomie ihren Einsatz (Jäger et al., 2008).

Wie in Abbildung 26 verdeutlicht wird zunächst ein Knochenkeil zwischen beiden Trochanteren entfernt, danach die beiden entstandenen Fragmente gegeneinander rotiert und schließlich mit einer Winkelplatte wieder miteinander verbunden (Hefti et al., 2008, S. 191)

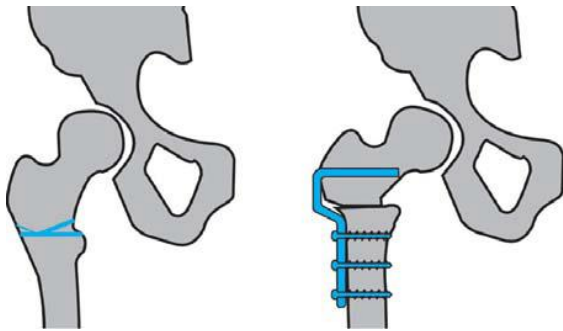


Abb. 26: Prinzip der intertrochantären Varisationsosteotomie und Fixation mit 90°-Winkelplatte; **a** präoperativ, **b** postoperativ (Hefti et al., 2008, S. 192)

2.5.5.2. Operative Maßnahmen nach dem ersten Lebensjahr

2.5.5.2.1. Acetabuloplastik

Hauptindikation für die Acetabuloplastik ist eine entrundete oder zu flache Pfanne bei Kleinkindern mit noch offenen Wachstumsfugen. Gleichzeitig kann sie aber auch bei zu steil gestellter Pfanne angewendet werden (Hefti et al., 2008, S. 194).

„Dabei wird das Hüftgelenk durch Reorientierung des Pfannendachs und des koxalen Femurendes korrigiert (Ziegler et al., 2008).“

Zu Beginn wird 1-1,5 cm oberhalb des Acetabulums eine Osteotomie in Richtung der Y-Fuge unternommen (siehe Abb. 27). Danach wird darin ein Keil verankert, der je nach Technik auf unterschiedliche Weise gewonnen werden kann. Die aktuell meist angewandte Technik stammt von Dega und wurde von Pemberton modifiziert. Mit ihrer Hilfe kann das Acetabulum nicht nur nach lateral, sondern bei Bedarf auch nach ventral geklappt werden (Pemberton, 1965).

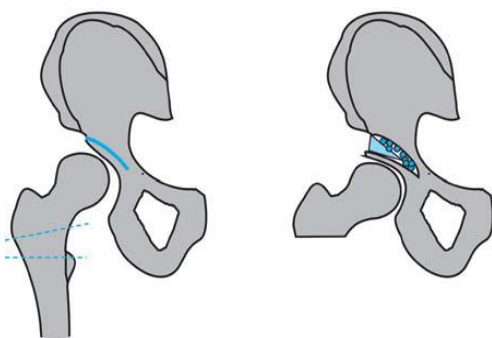


Abb. 27: Prinzip der Acetabuloplastik: Eine kurvenförmige Osteotomie wird oberhalb des Acetabulums bis zur (ehemaligen) Y-Fuge geschnitten (li.), und es wird ein kräftiger Knochenspan eingebolt (re.).

Dieser Eingriff wird zumeist gemeinsam mit einer intertrochantären Verkürzungsosteotomie durchgeführt (Hefti et al., 2008, S. 194).

Durch die Nähe zum Gelenk ist die Acetabuloplastik sehr effektiv, aber auch sehr risikoreich, da es dadurch leicht zu Wachstumsstörungen der Y-Fuge kommen kann (Ziegler et al., 2008).

2.5.5.2.2. Beckenosteotomie nach Salter

Diese kommt bei zu steil gestellter Hüftgelenkspfanne bzw. bei einem zu großen Acetabulum-Winkel zum Einsatz (Hefti et al., 2008, S. 193).

Sie zählt noch immer zu den mit am häufigsten angewandten Methoden und eignet sich für Kinder ab 2 Jahren bis ins junge Erwachsenenalter (Debrunner, 2005).

Wie Abbildung 28 zeigt, muss dazu zunächst das Becken, oberhalb der Spina iliaca anterior inferior bis zum Foramen ischiadicum transversal durchtrennt werden, wobei eine Läsion des N. ischiadicus im Foramen ischiadicum majus unbedingt verhindert werden muss (Hefti et al., 2008, S. 193). Das Acetabulum wird durch Einsetzen eines dreieckigen Knochenkeils nach ventral und lateral gezogen (Salter, 1961).

Bei beidseitig betroffener Hüfte sollte jede Seite einzeln und mit mindesten 4-6 Wochen Abstand operiert werden, da für die Drehbewegung des Acetabulums eine Stabilität auf der kontralateralen Seite von Nöten ist (Hefti et al., 2008, S. 193 f.).

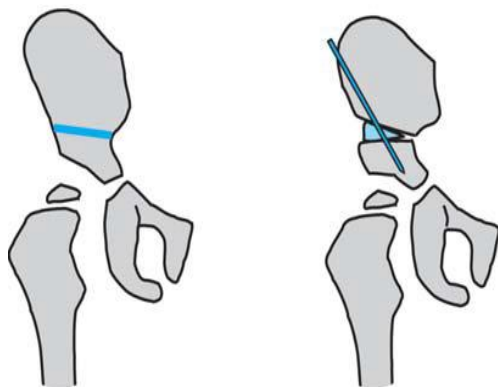


Abb. 28: Prinzip der Beckenosteotomie nach Salter. Das Os ilium wird oberhalb der Spina iliaca anterior inferior durchtrennt (a), das distale Fragment wird nach ventral/lateral gezogen, ein dreieckiger Knochenkeil wird zwischen die Fragmente geklemmt und mit einem Kirschner-Draht fixiert (b).
(Hefti et al., 2008, S. 193)

Wie bei der offenen Reposition folgt auch hier die Nachbehandlung im Becken-Bein-Gips für 6 Wochen. Danach können dann auch die Drähte entfernt werden (Hefti et al., 2008, S. 193).

2.5.5.2.3. Tripleosteotomie

Diese Operation ist sowohl bei ungenügender lateraler bzw. ventraler Überdachung des Hüftkopfes, sowie bei Vorliegen eindeutiger hüftbedingter Belastungsbeschwerden angezeigt (Debrunner, 2005; Hefti et al., 2008, S. 194 f.).

Der Eingriff kann bei noch offener Y-Fuge und somit bei Kindern ab dem Schulalter durchgeführt werden und zeigt vor allem im fortgeschrittenen Jugendalter gute Ergebnisse (Jäger et al., 2008).

Für die Dreifachosteotomie des Beckens ist eine Kongruenz von Hüftpfanne und Femurkopf unerlässlich (Hefti et al., 2008, S. 194 f.).

Dabei werden Os ilium, ischii und pubis, wie in Abbildung 29 gezeigt, durchtrennt (Hefti et al., 2008, S. 194 f.). Das Os ilium wird hierzu horizontal oberhalb der Spina iliaca anterior inferior durchmeißelt oder durchsägt, etwa auf derselben Höhe wie bei der Beckenosteotomie nach Salter. Die Stelle der Durchtrennung des Os ischii und Os pubis variiert je nach angewandter Methode (Hefti et al., 2008, S. 194 f.).

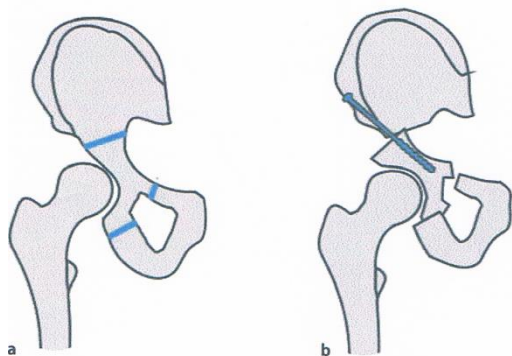


Abb. 29: Prinzip der Tripleosteotomie:

Os ischii, pubis und ilium werden nahe des Azetabulums durchtrennt (**a**); das azetabuläre Fragment wird nach lateral gedreht, wobei das Zentrum der Bewegung in Kopfmittle und nicht im Bereich des Os ischii sein soll (**b**). Bildet das Letztere ein Scharnier, so wird das Gelenk zu stark lateralisiert, was eine ungünstige Wirkung auf die Hebelarme der Muskulatur und damit die Kraftausübung hat.

(Hefti et al., 2008, S. 195)

Ziel der Dreifachosteotomie ist Verbesserung der Belastungsfläche im mechanisch wichtigen ventralen und lateralen Bereich (Hefti et al., 2008, S. 195).

Die wichtigste, glücklicherweise aber seltene Komplikation dieses Eingriffes ist eine Läsion des N. ischiadicus, die meist nur vorübergehend besteht (Hefti et al., 2008, S. 195). Die wahrscheinlich häufigste Komplikation ist eine Überkorrektur bzw. falsche Orientierung des Acetabulums, die zu einer dauerhaften Muskelsuffizienz führen kann. Außerdem kann eine zu weit laterale Osteotomie des Os pubis eine Nekrose des Acetabulums bedingen (Hefti et al., 2008, S. 195).

2.5.5.2.4. Beckenosteotomie nach Chiari

Pfannen-reorientierende Osteotomien wie die Triple-Osteotomie haben die Chiari-Operationstechnik zur Behandlung dysplastischer Hüften im Wachstumsalter weitgehend abgelöst (Hefti et al., 2008, S. 197). Noch immer gilt sie als „letzte Rettung“ bei inkongruenten Gelenken mit einer viel zu kleinen asphärischen Pfanne und hat das Ziel die Gesamtfläche des Acetabulums zu vergrößern (Chiari et al., 2015; Hefti et al., 2008, S. 197).

Dabei muss das Os ilium auf Höhe des Pfannenerkers schräg nach medial ansteigend durchtrennt werden. Danach wird der proximale Teil des Knochens nach lateral über den Hüftkopf verschoben (Hefti et al., 2008, S. 197).

Das Problem dieser Operation ist, dass das neu geschaffene Pfannendach nicht aus hyalinem Knorpel, sondern gleich aus Knochen besteht (Hefti et al., 2008, S. 197). Dies kann einen Korrekturverlust bei Operation vor Wachstumsabschluss nach sich ziehen (Hefti et al., 2008, S. 197). Die Methode ist weiterhin auch durch den sogenannten „Anti-Chiari Effekt“, eine Kranialisierung des Pfannendaches und Dezentrierung des Hüftkopfes, in Verruf geraten (Chiari et al., 2015). Eine neue Langzeituntersuchung aus Wien zeigt allerdings, dass mit der Chiari-Osteotomie auch vor Wachstumsabschluss gute klinische und radiologische Ergebnisse erzielt werden können und der "Anti-Chiari" Effekt dabei kein signifikantes Problem darstellt (Chiari et al., 2015).

2.5.6. Hauseigener Therapiealgorithmus der Kinderorthopädie an der LMU München

In der Kinderorthopädie Großhadern wurde seit Ende 2003 unter Leitung von Herrn Professor Heimkes für alle Neugeborenen nach der Geburt ein generelles Hüftultraschall-Screening durchgeführt.

Kinder mit diagnostizierten luxierten Hüften der Typen III a/b – IV nach Graf wurden mit dem Therapieregime „Reposition, Retention, Nachreifung“ behandelt. Dabei musste, wie bei Graf, jede der 3 Stufen nacheinander durchlaufen werden.

Die Repositionstherapie hat die gewaltlose Rezentrierung des Hüftgelenks zum Ziel (Heimkes, 2013). Luxierte Hüften (Graf-Typen III a/b - IV) wurden bei Kindern bis zum 4. Lebensmonat in der Regel als Erstmaßnahme mit der sogenannten „Becker-Spreizhose“ behandelt. Diese Spreizhose kann bei guter Compliance der Eltern und einem erfahrenen Behandlungsteam ambulant angewendet werden (Heimkes, 2013).

Diese Repositionsorthese folgt dem Prinzip der „geführten Selbstreposition“ und ermöglicht eine Flexion von über 90° und eine therapeutische Abduktion von ca. 60-70° (Heimkes, 2013).

Wie Abbildung 30 verdeutlicht, besteht sie aus einer Kunststoff-Pelotte zwischen den Beinen, welche konisch zuläuft, sodass die maximal gewünschte Abspreizung von ca. 70° erst nach und nach erreicht wird (Heimkes, 2013). Die anfangs gebeugten und nur mäßig abgespreizten Beine werden damit langsamer in die volle Abduktion überführt (Heimkes, 2013).



Abb. 30: „Becker-Spreizhose“

Falls nach 2 bis 3 Wochen dauerhaften Tragens der Spreizhose keine Befundbesserung festzustellen war, musste das Therapieregime geändert werden.

Nach 3-wöchiger Gelenk-lockernder Vorbehandlung in der Overhead-Extension wurde die Hüfte anschließend an eine Beckenübersichtsaufnahme in Narkose erneut untersucht und bei fehlender Selbst-Reposition des Gelenks manuell unter Durchleuchtungskontrolle reponiert. Im Anschluss daran wurde während derselben Narkose ein „Sitzhockgips“ zur Retention angelegt und der Erfolg der Reposition direkt durch eine Röntgen-Aufnahme kontrolliert. Zeigte diese eine korrekte Stellung der Hüftgelenke, verblieb das Kind für insgesamt 6 Wochen im stabil retenierenden „Sitzhockgips“ in einer Stellung von 100°-110° Flexion und 60° – 70° Abduktion (Heimkes, 2013). Während dieser Zeit wurde die Gelenkstellung erneut bei Gipswechsel nach 3 Wochen und noch einmal vor der finalen Gipsabnahme überprüft (Utzschneider et al., 2016).

War die geschlossene Reposition bzw. Retention im „Sitzhockgips“ erfolglos, musste eine offene Reposition durchgeführt werden.

Zur Nachreifungsbehandlung einer reponierten und im „Becken-Bein-Gips“ retinierten Hüfte kam die in Abbildung 31 gezeigte modifizierte „Forrester-Brown Schiene“ zum Einsatz. In ihrer ursprünglichen Form wurde sie 1933 entwickelt und diente damals zur Reposition luxierter Hüften (Idelberger, 1970). Sie ist sehr einfach zu handhaben, wurde ursprünglich allerdings für eine Abspreizstellung von 90° konzipiert. Daher wird sie beispielsweise von Hefti nicht mehr zur Anwendung empfohlen (Hefti et al., 2008).



Abb. 31: modifizierte „Forrester-Brown-Schiene“

Die an der LMU gängige, modifizierte Stellung spreizt die Beine dagegen mit nur ca. 70° ab (Heimkes, 2013). Da die Schiene keinerlei Bewegung der Beine erlaubt, wird sie von Pavlik et al. nicht zu den eigentlichen „funktionellen Orthesen“ gezählt (Pavlik & Bialik, 2001).

Die Schiene wird für jeden Patienten individuell maßgefertigt, sodass der Hüftkopf maximal tief in der Pfanne zu liegen kommt. Meist entspricht dies einer Stellung der Beinchen von 110° Flexion und 70° Abduktion (Heimkes, 2013). Zur kompletten Ausreifung der reponierten Hüften musste die Schiene für ungefähr 3 Monate ununterbrochen getragen werden (Heimkes, 2013).

Röntgen-Nachuntersuchungen

Mit Ausreifung der kindlichen Hüften zum Graf Typ I konnte die Abspreiztherapie beendet werden.

In jedem Fall ist es jedoch notwendig, die Hüften radiologisch zu kontrollieren, sobald die betroffenen Kinder sicher laufen (Dornacher et al., 2010; Mittelmeier et al., 1998; Tönnis, 1976). Diese Röntgen-Kontrolle im Laufalter dient zum Ausschluss einer Hüftkopfnekrose und zur Abklärung einer Restdysplasie. Wird eine solche gefunden, muss zunächst weiterhin im Ein- bis Zweijahresabstand radiologisch kontrolliert werden (Heimkes, 2013; Utzschneider et al., 2016). Das weitere Prozedere hängt vom Ausprägungsgrad der Restdysplasie und deren weiterer Entwicklung ab (Dornacher et al., 2010; Utzschneider et al., 2016).

Aufgrund der immer wieder auftretenden Spätdysplasien, die sich erstmals im Pubertätsalter zeigen, sieht Heimkes, wie bereits Becker, in diesem Entwicklungsabschnitt eine „besondere Gefahr“ (Becker, 1969) für die kindliche Hüfte, was eine weitere Röntgenkontrolle in diesem Alter notwendig macht (Heimkes, 2013). Auch andere Autoren sprechen sich für regelmäßige Röntgenkontrollen bis zum Wachstumsabschluss aus (Mladenov et al., 2002; Song et al., 2008).

2.6. Risiken der Erkrankung und der Therapie

2.6.1. Restdysplasie

Entgegen der für lange Zeit gültigen Annahme, eine durch Behandlung nachgereifte Hüfte könne sich nicht mehr verschlechtern, finden mehrere Studien dysplastische Hüften als Zeichen einer sekundären Verschlechterung bei heranwachsenden Kindern, welche nach Therapie im Säuglingsalter normalisierte Hüften vorwiesen (Dornacher et al., 2010; Utzschneider et al., 2016).

Daher sind radiologische Kontrollen der betroffenen Hüften unabdingbar, sobald die betroffenen Kinder sicher laufen können und danach weiterhin im Ein- bis Zweijahresabstand (Dornacher et al., 2010; Utzschneider et al., 2016). Aufgrund der immer wieder auftretenden Spätdysplasien im Pubertätsalter, ist auch in diesem Entwicklungsabschnitt weitere Röntgenkontrolle sinnvoll (Hefti et al., 2008, S. 189; Heimkes, 2013).

Als Maß des Normalen zeigt Tönnis in seinem 1976 veröffentlichten Diagramm (Abb. 32) die statistische Verteilung von normalen und fraglich pathologischen Pfannendachwinkeln (Tönnis, 1976). Darin gibt er für den stark altersabhängigen AC-Winkel in verschiedenen Altersstufen je einen Normbereich, sowie die einfache (s) und doppelte Standardabweichung (2s) an (Tönnis, 1976).

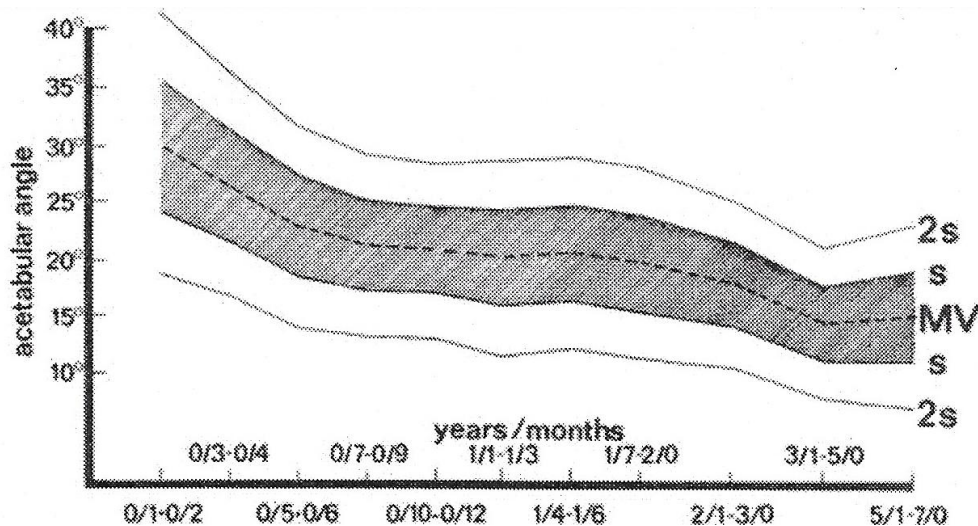


Abb. 32: Entwicklung AC-Winkel (Tönnis, 1976)

In Abbildung 33 sind die Winkel der einfachen und doppelten Standardabweichung noch einmal tabellarisch nach Altersgruppe aufgelistet. Sie markieren die Grenze zur leichten oder fraglichen bzw. zur schweren oder eindeutigen Dysplasie (Tönnis, 1976).

Age	Girls				Boys			
	Light dysplasia above (s)		Severe dysplasia above (2s)		Light dysplasia above (s)		Severe dysplasia above (2s)	
	right	left	right	left	right	left	right	left
1+ 2	35.8	36.1	41.6	41.6	27.7	31.2	31.8	35.2
3+ 4	31.4	33.2	36.3	38.7	27.9	29.1	32.4	33.7
5+ 6	27.3	29.3	31.8	34.1	24.2	26.8	29.0	31.6
7- 9	25.3	26.6	29.4	31.1	24.6	25.4	28.9	29.5
10-12	24.7	27.1	28.6	31.4	23.2	25.2	27.0	29.1
13-15	24.6	26.9	29.0	31.7	23.1	24.0	27.5	27.7
16-18	25.0	26.1	29.3	30.4	23.8	25.8	28.1	30.0
19-24	24.1	26.4	28.4	30.8	20.6	23.2	24.4	27.3
2-3 yrs	21.8	23.3	25.6	27.1	21.0	22.7	25.3	26.9
3-5 yrs	17.9	21.2	21.3	25.8	19.2	19.8	23.5	23.8
5-7 yrs	19.3	19.8	23.4	23.8	16.8	19.3	20.9	23.2

Abb. 33: Grenzwerte AC-Winkel nach Alter und Geschlecht (Tönnis, 1976)

Tönnis empfiehlt eine Behandlung bereits ab Werten oberhalb der einfachen Standardabweichungen, da unklar ist, in welche Richtung sich diese Hüften entwickeln werden (Tönnis, 1976).

2.6.2. Hüftkopfnekrose

Die frühestmögliche Therapie der Hüftdysplasie und –luxation stellt einerseits eine große Chance dar, birgt auf der anderen Seite allerdings auch das Risiko einer Hüftkopfschädigung als schwerwiegendste und häufigste Komplikation (Hefti et al., 2008, S. 187), die auch nicht operativ zu beheben ist und in einer frühzeitigen Arthrose resultiert (Tönnis & Legal, 1984, S. 201).

Die Diagnose „Hüftkopfnekrose“ wird anhand einer a.p. Röntgenaufnahme der Hüfte gestellt.

Abbildung 34 zeigt die 4 Schweregrade der Nekrose nach Tönnis (Tönnis, 2009).



Abb. 34: Nekrosegrade nach Tönnis (Tönnis, 2009)

Tönnis selbst sieht eine Nekrose ersten Grades als meist folgenlos. Daher sei sie auch nicht zum Prozentsatz der Nekrosen zu zählen (Tönnis & Legal, 1984, S. 208 f.). Auch Grad 2 ist noch reversibel, kann allerdings auch zu einer dauerhaften Kopfabplattung führen. Da bei Grad 3 die Epiphysenfuge noch unversehrt ist, können sich die starken Verformungen auch hier noch zurückbilden. Grad M/4 resultiert häufig in späten Wachstumsstörungen, welche auf die metaphysäre Beteiligung zurückzuführen sind (Tönnis & Legal, 1984, S. 208 f.). Eine relevante Hüftkopfnekrose stellen demnach die Grade 3 und 4 nach Tönnis dar (Tönnis & Legal, 1984, S. 208 f.).

Salter beschreibt für die Diagnose der Hüftkopfnekrose 5 wesentliche Faktoren (Salter et al., 1969):

1. Kein Hüftkopfkern sichtbar für über 1 Jahr nach Reposition.
2. Fehlendes Wachstum eines bereits bestehenden Hüftkopfkerns für mindestens 1 Jahr nach Reposition.
3. Verbreiterung des Schenkelhalses im Jahr nach der Reposition.
4. Radiologisch sichtbare vermehrte Knochenstruktur des Hüftkopfes, später evtl. Fragmentierung.
5. Deformierter Hüftkopf und Schenkelhals nach Abschluss der Ausheilungsphase entsprechend einer Coxa magna, Coxa plana, Coxa vara oder eines verkürzten Schenkelhalses.

Zwar tritt die Hüftkopfnekrose auch als Folge einer unbehandelten Luxation auf, ist in den allermeisten Fällen allerdings Folge der Behandlung von Säuglingen (Hefti et al., 2008, S. 187).

Ursache für die Entstehung einer Hüftkopfnekrose ist nicht die Luxation selbst, sondern der je nach Position des Hüftkopfes unterschiedlich hohe Druck auf den noch knorpeligen Hüftkopf, der die femorale Blutversorgung unterbricht. Bei einer sehr starken Quetschung der Knorpel-Epiphyse kann es sogar zur vollkommenen Unterbrechung der Blutversorgung kommen (Tönnis, 2009).

Aus diesem Grund sieht Salter in den ersten 18 Lebensmonaten, wenn der Hüftkopf noch überwiegend aus Knorpel besteht, die gefährlichste Zeit für die Entwicklung einer Hüftkopfnekrose (Salter et al., 1969).

Direkter dauerhafter Druck, welcher in extremen Abspreizpositionen wie der Lorenz- und Lange-Position auf die epiphysären Gefäße wirkt und durch Adduktorenkontrakturen weiter verstärkt wird, kann den hohen Prozentsatz der Nekrosen dieser veralteten Retentionsmethoden erklären (Ogden, 1975; Salter et al., 1969; Tönnis, 2009).

Auch die „Becker-Spreizhose“ mit ihrer früher noch sehr extremen Abspreizstellung der Beine war in Verruf geraten, nachdem Tönnis 1984 postulierte, dass Zwangseinwirkung auf die Hüfte mit einem weitaus höheren Risiko für Hüftkopfumbaustörungen einhergehen würden (Tönnis & Legal, 1984).

Mit dem seit 20 Jahren gängigen Standard der „funktionellen Abduktionsbehandlung“ wird versucht, durch eine schonendere Reposition, Repositions- und Retentionstraumen zu verhindern, wie sie noch bei Lorenz an der Tagesordnung waren (Graf, 1997). Dabei lässt sich ein klarer Trend von der ursprünglichen Abspreiz-Position in 90°- Flexion und 90°- Abduktion hin zur milderen Abduktion beobachten (Graf, 1997; Salter et al., 1969).

Bereits 1969 hat Tönnis Einflussfaktoren für die Entstehung einer Hüftkopfnekrose benannt (Tönnis & Legal, 1984):

1. die Repositionsmethode
2. die Retentionsposition
3. anderen beeinflussende Faktoren (Tönnis, 2009): eine verzögerte Kopfkernentwicklung, eine zu schmale Pfannenöffnung, ein zu großer Abstand zwischen Hüftkopf und Pfannenboden, das (obere) Labrum wurde in die Pfanne gedrängt, der Grad der Luxation (hohe Luxationen sind gefährdeter als Luxationen der Grade 1+2).

Für ihn ist das Repositionsalter bei den modernen schonenderen Methoden der Reposition nicht allein ausschlaggebend (Tönnis & Legal, 1984).

Die Dauer der Retention hat laut der von ihm angeführten Sammelstatistiken des Arbeitskreises für Hüft dysplasie keinen Einfluss, da eine Nekrose wenn dann innerhalb der ersten Stunden und Tage nach Reposition entsteht (Tönnis & Legal, 1984, S. 216).

Tabelle 3 zeigt die von Tönnis gefundenen Nekroseraten nach unterschiedlichsten Repositionsmethoden (Tönnis, 1990; Tönnis & Legal, 1984, Kapitel 16).

Zum Verständnis ist es wichtig zu wissen, dass zur „manuellen Reposition“ alle Gelenke gezählt wurden, die mit anderen Verfahren nicht zu reponieren waren (Tönnis, 1990; Tönnis & Legal, 1984, Kapitel 16). Somit fallen in diese wie auch in die Kategorie der „operativ eingestellten Luxationen“ besonders schwierige Fälle, die vermutlich bereits durch eine frustrane Vorbehandlung Schäden erlitten haben (Tönnis, 1990; Tönnis & Legal, 1984, Kapitel 16).

Zudem ist für die Bewertung von Bedeutung, dass auf die „manuelle Reposition“ wie auch auf die Reposition mittels „Overheadextension“ und auf die Behandlung von instabilen Gelenken mit der „Pavlik-Bandage“ eine Fixierung in Lorenz-Stellung folgten (Tönnis & Legal, 1984).

Repositionsmethode	Nekroserate in %
Manuelle Reposition (nach frustraner Vorbehandlung)	28 -64
Sekundär operativ eingestellte Luxationen (OP)	5 -60
Primär operativ eingestellte Gelenke	8,4
Hoffmann-Daimler-Schiene	15 – 50
Overheadextension	3 -31
Pavlik-Bandage	10 – 15
Beugestellung mit geringerer Abduktion (Extensionsreposition, Fettweis-Gips, Fettweis-Bandage)	4 -6

Tab. 3: Repositionsmethoden und ihre jeweiligen Hüftkopfnekroseraten in Prozent (Tönnis & Legal, 1984)

Tabelle 4 zeigt die durchschnittlichen Nekroseraten der jeweiligen Retentions-Verfahren nach unterschiedlich durchgeführter Reposition (Tönnis, 1990; Tönnis & Legal, 1984, Kapitel 16).

Tönnis selbst hat bei Anwendung der „Pavlik-Bandage“ bei älteren Kindern bis 18 Monate mit Luxationen 2. bis 3. Grades allerdings auch Nekroseraten von 10-15 % beobachtet (Tönnis, 1990).

Die Dauer der Immobilisation spielte dabei keine Rolle (Tönnis, 1990).

Retention in	Nekrosen in %
Lorenz-Stellung = „Frosch-Stellung“	27
Lange-Stellung: Hüften innenrotiert und abduziert	16
Pavlik-Bandage	7
Beugestellung mit geringerer Abduktion (z.B. Fettweis-Gips)	2

Tab. 4: Retentionsmethoden und ihre jeweiligen Hüftkopfnekroseraten in Prozent (Tönnis & Legal, 1984)

Bei einer schweren Hüftkopfnekrose ist die Epiphysenfuge mitbetroffen (entspricht Grad M/4 nach Tönnis), was dazu führt, dass entweder der Schenkelhals kürzer bleibt oder auf einer Seite vermehrt wächst (Tönnis & Legal, 1984). So kommt es bei der am häufigsten vorkommenden Verknöcherung der lateralen Epiphysenfuge zu einem medialen Mehrwachstum und zur sogenannten „Kopf-im-Nacken-Lage“ (Tönnis & Legal, 1984). Eine Varus-Fehlstellung des Schenkelhalses entsteht dagegen bei medialer Verknöcherung (Tönnis & Legal, 1984). Diese Stellung des Hüftkopfes birgt das Risiko einer erneuten Subluxation (Tönnis & Legal, 1984).

Roposch et al. konnten zeigen, dass eine Hüftkopfnekrose die Ausreifung des Acetabulums verzögert und dadurch schlechtere AC-Winkel bedingt (Roposch et al., 2013).

3. FRAGESTELLUNG & ZIEL DER ARBEIT

Ziel dieser Studie war es, retrospektiv nach Aktenlage, unterschiedliche Repositionsmethoden unter besonderer Berücksichtigung der „Becker-Spreizhose“ als Repositionsorthese für die kongenitale Hüftluxation anhand mittelfristiger Therapieergebnisse zu vergleichen.

Dabei sollten die Ausgangsbefunde, Risikofaktoren, das Patientenalter sowie die Therapieart und -dauer in die Analyse mit einbezogen werden, genauso wie das Vorliegen einer Restdysplasie und die Entstehung einer Hüftkopfnekrose.

Hierzu wurden folgende Hypothesen aufgestellt:

- Ein Großteil aller luxierten Hüften kann bei rechtzeitigem Therapiebeginn ohne operativen Eingriff und sogar mit einer rein konservativen Spreizhosen-Behandlung reponiert werden.
- Ein möglichst früher Therapiebeginn verbessert die Erfolgsaussichten und verkürzt die Therapiedauer.
- Initial schlechte Hüfttypen nach Graf (Typ IV nach Graf) benötigen eine längere und intensivere Therapie und können weniger wahrscheinlich mit Hilfe von Spreizhosen reponiert werden.
- Die Restdysplasierate ist im Verlauf rückläufig.
- Die wenigsten aller reponierten Hüften benötigen eine sekundäre Operation aufgrund einer relevanten Restdysplasie.
- Die Rate an sekundären Hüftkopfnekrosen wird für alle in der Studie verwendeten Repositionsmethoden (inkl. „Becker-Spreizhose“) als sehr gering eingeschätzt.

Mithilfe der so gewonnenen Erkenntnisse soll es zukünftig möglich sein, eine zurzeit noch fehlende Therapieempfehlung für die kongenitale Hüftluxation geben zu können.

4. PATIENTENGUT & METHODIK

4.1. Patientenkollektiv

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine retrospektive Kohortenstudie. Diese wurde von der Ethikkommission der LMU München vorab genehmigt.

Hierfür lagen als Ausgangsdaten Fallnummern von 3200 Patienten vor, die sich im Zeitraum von 01.01.2004 bis 31.12.2012 in der Orthopädischen Kinderambulanz in Großhadern vorstellten und aufgrund ihres ICD-10 Codes eine „angeborene Deformität der Hüfte“ aufwiesen.

Für all diese Fallnummern musste zunächst die elektronische Patientenakte durchgesehen und auf das Vorliegen einer „Hüftluxation“ geprüft werden. Dazu dienten v.a. Arztbriefe und Sonographie-Befunde, welche den eindeutigen Graf-Typ ausgaben.

Übrig blieben 242 Patienten, welche aufgrund einer Hüftluxation im oben genannten Zeitraum behandelt wurden. Als Luxation wurden Hüften der Hüfttypen III a, III b und IV nach Graf betrachtet.

Aus diesem Kollektiv wurden nur die Kinder in die Studie eingeschlossen, welche innerhalb des ersten Lebensjahres mit Hüften vom Graf-Typ III a/b oder IV vorstellig wurden.

Weiterhin mussten der Kinderorthopädie der LMU München für jeden dieser Patienten zumindest Follow-up-Daten über den Verlauf des ersten Lebensjahres vorliegen.

Ein weiteres Ausschlusskriterium war das Vorliegen einer neurogenen oder teratologischen Luxation.

Schließlich ergab sich daraus eine Stichprobe von 110 Patienten mit 135 luxierten Hüften.

4.2. Methodik

Zur Datensammlung während der Aktendurchsicht wurde für jeden betroffenen Patienten ein eigens hierfür erstellter Patientenbogen verwendet (siehe Anhang).

In diesen gingen zunächst anamnestische Informationen zur Epidemiologie und den Risikofaktoren ein. Weiter wurden darin der Ausgangs-Sonographiebefund sowie die Abfolge der einzelnen Therapieschritte mit abschließendem Röntgenbefund festgehalten.

4.2.1. Quantitative Auswertungen

Mit Hilfe der vorliegenden Patientenakten wurden zunächst epidemiologische Daten erfasst. Auf diese Weise konnten Häufigkeiten zur Geschlechter- und Seitenverteilung sowie den vorliegenden Hüfttypen nach Graf, dem Alter bei Therapiebeginn und einer Vorbehandlung außer Haus erhoben werden.

Weitere Angaben aus der Patientenanamnese lieferten Informationen über das Vorliegen bekannter Risikofaktoren. In der hier vorliegenden Arbeit wurden eine Geburt aus Beckenendlage, eine positive Familienanamnese bezüglich Hüftreifungsstörungen, Mehrlingsgeburten, ein Oligohydramnion, ein Geburtsgewicht von über 4000 Gramm sowie das Vorliegen einer Erstgravida als Risikofaktoren für die Entstehung einer Hüftreifungsstörung betrachtet.

Das weitergehende Aktenstudium machte deutlich, dass sich der Repositionserfolg bei den betroffenen Kindern unterschiedlich schnell und nach unterschiedlich vielen Therapieschritten einstellte. Dies führte zur Einteilung der Fälle in verschiedene Therapiegruppen.

Um zu klären, welche Faktoren den Repositionserfolg beeinflussen, wurden aus den Patientenakten vorliegende mögliche Faktoren, darunter eine Vorbehandlung außer Haus, der initiale Hüfttyp nach Graf sowie Zeitpunkt und Alter bei Therapiebeginn auf ihren Einfluss hin getestet.

4.2.2. Ultraschalluntersuchung

Die in der vorliegenden Arbeit verwendeten Ultraschallbilder der 110 Patienten wurden ursprünglich von Ärzten der Orthopädischen Kinderambulanz Großhadern entsprechend den Richtlinien von R. Graf erstellt und vermessen sowie stets durch einen Facharzt der Kinderorthopädie validiert.

Die so diagnostizierten Hüfttypen nach Graf wurden den Patientenakten für die Datenerhebung entnommen.

4.2.3. Röntgen

Für die hier vorliegende Arbeit lagen Beckenübersichtsaufnahmen von Luxationskindern im Laufalter und im Alter von 4 Jahren vor.

Diese Röntgenbilder wurden für die vorliegende Studie nochmals eigenhändig befundet und die in der Literatur üblichen und empfohlenen Strecken und Winkel gemessen (Dornacher et al., 2010; Dornacher et al., 2013; Mittelmeier et al., 1998; Niethard & Roesler, 1987; Tönnis & Legal, 1984; Tönnis & Trede, 1970; Utzschneider et al., 2016; Ziegler et al., 2008). Auf allen Röntgenaufnahmen wurde der AC-Winkel bestimmt und das Vorliegen einer Hüftkopfnekrose geprüft.

Verdrehte oder verkippte Aufnahmen wurden anhand des Drehungsquotienten und des Kippungs-Index von Ball und Kommenda herausgefiltert und für die folgende Auswertung nicht weiter betrachtet. Schwierige Röntgenbilder wurden mit Prof. Dr. S. Utzschneider besprochen. Zur übersichtlicheren Datensammlung wurde für jeden Fall ein hierfür eigens erstellter Röntgenauswertungsbogen verwendet (siehe Anhang).

4.2.3.1. AC-Winkel und Restdysplasie

In der Auswertung wurden die durchschnittlichen AC-Winkel auf der ursprünglich luxierten und der gesunden Seite im Laufalter und im Alter von ca. 4 Jahren berechnet und danach die Werte der einzelnen Therapiegruppen verglichen.

Weiter wurde die Entwicklung der AC-Winkel und der Restdysplasien anhand der oben aufgeführten Restdysplasie-Grade vom Laufalter bis zur Röntgen-Kontrolle mit ca. 4 Jahren verfolgt.

Nachdem der AC-Winkel stark vom Alter abhängt, hat sich für seine Bewertung eine altersspezifische Klassifizierung durchgesetzt (Tönnis & Legal, 1984):

Einteilung der AC-Winkel in Grade je nach Alter und Definition Restdysplasie

(nach Klassifizierungssystem des Arbeitskreises für Hüftdysplasie der DGOT; (Tönnis & Legal, 1984))

AC-Winkel für Kinder zwischen 5 Monaten und 2 Jahren:

- **Normalwert:** **20°**
- Grad 1: <25°
- Grad 2: 25° - <30°
- Grad 3: 30° - <35°
- Grad 4: ≥ 35°
- **Restdysplasie** **≥ Grad 2**

AC-Winkel Grade für Kinder zwischen 3 und 7 Jahren:

- **Normalwert:** **15°**
- Grad 1: <20°
- Grad 2: 20° - <25°
- Grad 3: 25° - <30°
- Grad 4: ≥ 30°
- **Restdysplasie** **≥ Grad 2**

Schließlich wurden mit Hilfe des Chi-Quadrat-Tests nach Einflussfaktoren auf die Entstehung einer Restdysplasie gesucht. Dazu wurden das Alter bei Therapiebeginn, der initiale Hüfttyp nach Graf, die Therapiegruppe, die Tragedauer der „Becker-Spreizhose“ und das Vorliegen einer Hüftkopfnekrose untersucht.

4.2.3.2 Hüftkopfnekrose

Zur Prüfung auf Hüftkopfnekrose wurde die Definition nach Tönnis verwendet (Tönnis & Legal, 1984, S. 208 f.) und bereits eine Hüftkopfnekrose vom Grad 2 als relevant betrachtet.

Zunächst wurde die Gesamtzahl der Hüftkopfnekrosen vom Grad 2 und schlechter bestimmt, sowie deren Aufspaltung auf die einzelnen Therapiezeige.

Weiterhin wurde die Entwicklung der Hüftkopfnekrosen für 24 Hüften verfolgt, von welchen jeweils mindestens ein Röntgenbild im Laufalter und mit ca. 4 Jahren vorlag.

Schließlich wurden folgende mögliche Einflussfaktoren auf die Entstehung einer Hüftkopfnekrose getestet: der initiale Hüfttyp nach Graf, das Alter bei Therapiebeginn und die Repositionsmethode.

4.2.4. Statistik

Für die Kohorte von 135 Fällen mit kongenitaler Hüftluxation wurde eine Datenbank in Microsoft Excel 2010 angelegt.

Die statistische Auswertung erfolgte mit Hilfe von IBM SPSS Statistics 20.

Für metrische Daten wurden Mittelwerte und Standardabweichungen (SD) mit Minimum und Maximum bestimmt.

Neben der einfaktoriellen ANOVA Analyse kam für unverbundene Stichproben der Chi-Quadrat-Test zur Anwendung, um Gruppen mit kategorial verteilten Variablen zu vergleichen.

Dabei wurde ein $p < 0,05$ als statistisch signifikant angenommen.

5. ERGEBNISSE

5.1. Klinische Ergebnisse

5.1.1. Patientengut

Insgesamt konnten für die aktuelle Studie die Daten von 110 Patienten mit 135 luxierten Hüften ausgewertet werden.

5.1.2. Epidemiologische Daten

81,8 % (n=90) von 110 untersuchten Luxationspatienten waren weiblich (siehe Abb. 35).

82,2 % (n=111) von insgesamt 135 luxierten Hüften fanden sich bei weiblichen Patienten.

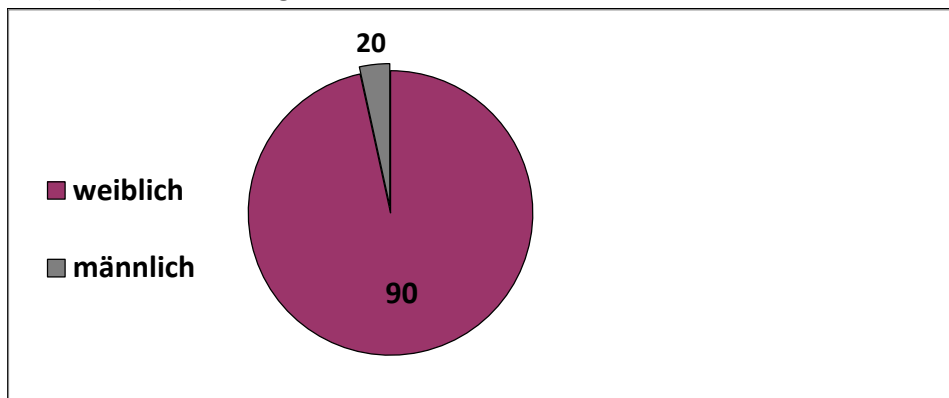


Abb. 35: Geschlechterverhältnis der Patienten mit kongenitaler Hüftluxation; n=110

Bei n = 76 von 135 Hüften (56,3 %) war die linke Seite betroffen.

Das Alter bei Therapiebeginn betrug im Mittel 4,94 Wochen [0-27 Wo (min-max; SD 5,57 Wo)].

68,1 % der luxierten Hüften (n=92) zeigten als Ausgangsbefund im Sonogramm eine Typ IIIa-Hüfte nach Graf, nur rund 3 % (n=4) eine Typ IIIb-Hüfte und knapp 29 % (n=39) eine Typ IV-Hüfte nach Graf (siehe Abb. 36).

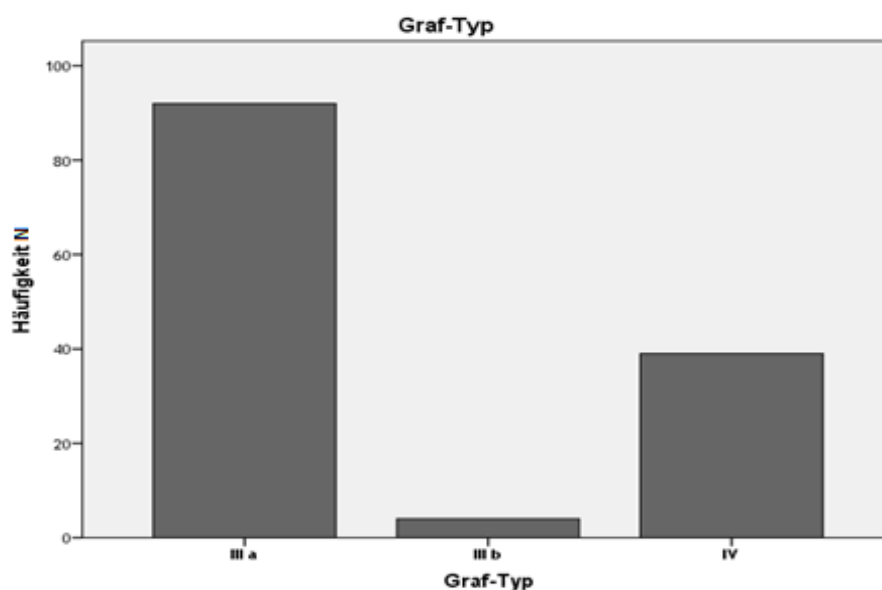


Abb. 36: Häufigkeit der verschiedenen Luxationstypen nach Graf

N = 29 von 135 untersuchten Hüften wurden nach auswärts begonnener Therapie im Verlauf an die Kinderorthopädie der LMU München überwiesen.

5.1.3. Risikofaktoren

Die in Abbildung 37 dargestellten Risikofaktoren für die Entwicklung einer Hüftreifungsstörung konnten für alle 110 Patienten erhoben werden.

Dahingegen waren Daten über das Geburtsgewicht sowie das Vorliegen einer Erstgravida retrospektiv nicht vollständig nachzuvollziehen.

Bei 36 % (n=35) der Luxationsfälle lag eine Geburt aus Beckenendlage und bei 47 % (n=63) eine positive Familienanamnese vor (siehe Abb. 37).

Die beiden übrigen Risikofaktoren, Mehrlingsgeburt und Oligohydramnion, waren jeweils nur in n = 2 Fällen vorhanden.

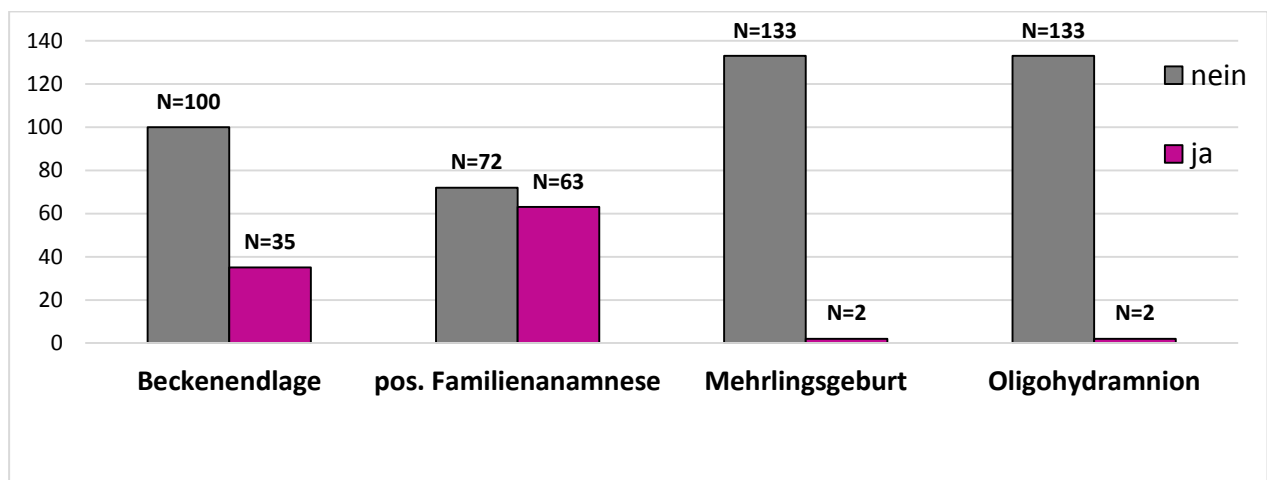


Abb. 37: Verteilung der bekannten Risikofaktoren für die Entwicklung einer Hüftreifungsstörung

Insgesamt konnte in n = 40 Fällen kein Risikofaktor und in n = 73 Fällen ein alleiniger Risikofaktor bei den betroffenen Patienten gefunden werden.

N = 15 betroffene Hüften zeigten zwei und n = 7 sogar die Kombination aus drei Risikofaktoren.

5.1.4. Therapieverlauf

Insgesamt konnten 94,8 % der in dieser Arbeit untersuchten luxierten Hüften mit Hilfe nicht-operativer Maßnahmen erfolgreich reponiert werden.

Von insgesamt 135 luxierten Hüften erhielten n = 117 (86,7 %) eine Spreizhose. Damit konnten n=82 Hüften (70,1 %) erfolgreich reponiert werden.

N = 35 luxierte Hüften erhielten nach gescheiterter „Spreizhosen-Therapie“ eine „Overhead-Extension“. Damit konnten dann n = 28 Hüften (80,0 %) erfolgreich reponiert werden.

Die restlichen 7 Hüften benötigten eine offene Reposition im ersten Lebensjahr.

18 von insgesamt 135 Hüften (13,3 %) wurden von Beginn an mit der „Overhead-Extension“ behandelt und waren allesamt erfolgreich (siehe Abb. 38).

Bei 4 Hüften wurde nach dem ersten Lebensjahr eine Beckenosteotomie durchgeführt.

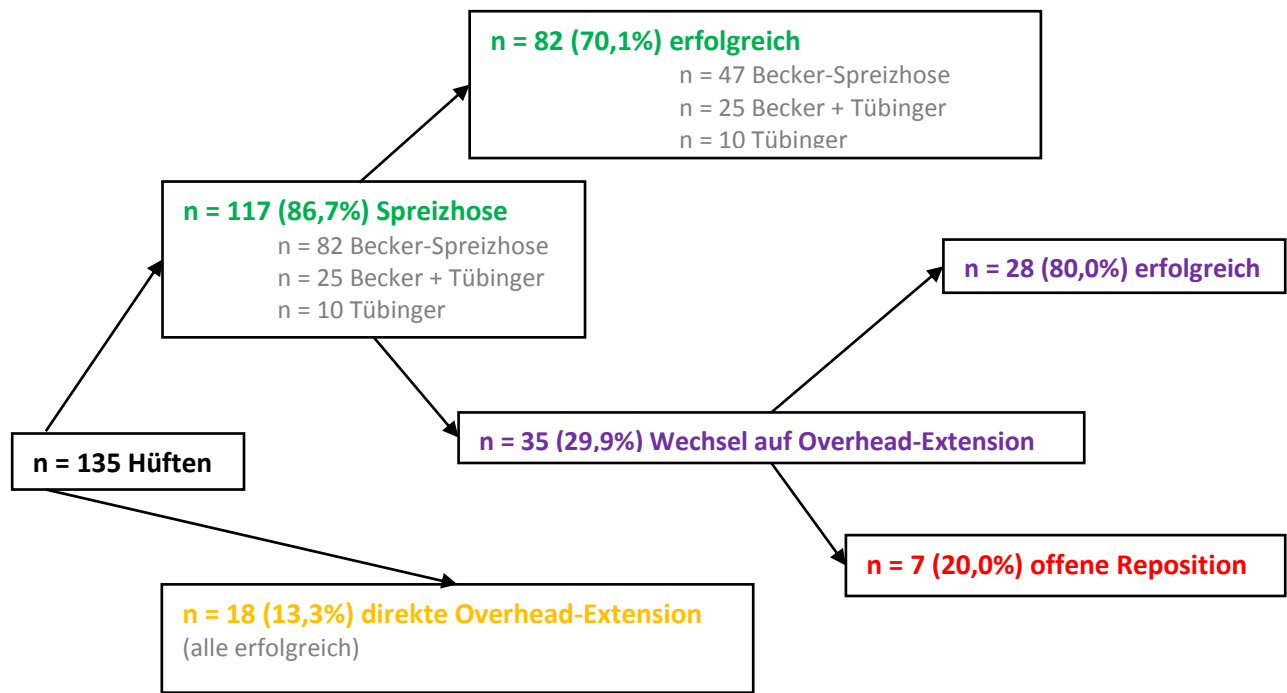


Abb. 38: Therapiebaum und Repositionserfolg

5.1.5. Therapiegruppen und Repositionserfolg

Anhand des Repositionserfolgs wurde das Untersuchungskollektiv in 4 verschiedene Therapiegruppen aufgeteilt (siehe Abb. 39).

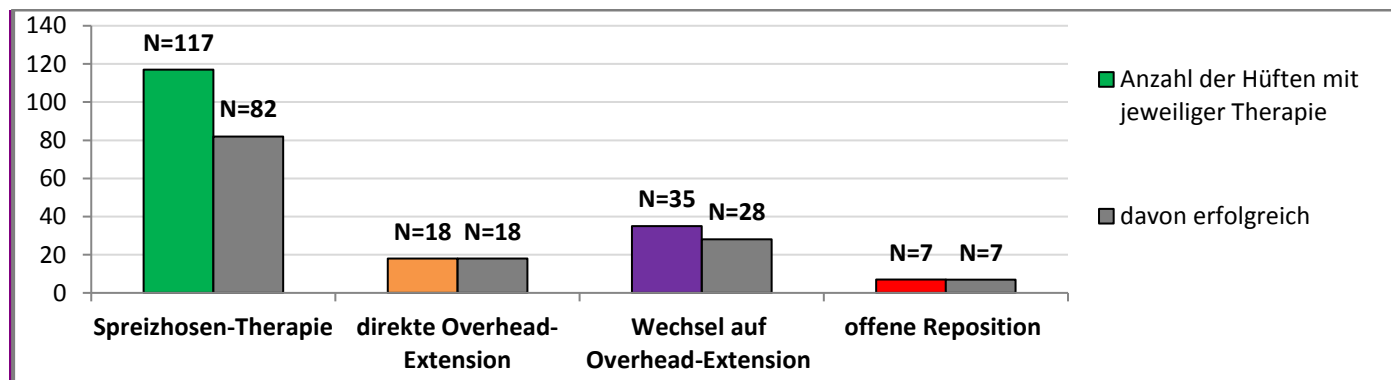


Abb. 39: Die 4 verschiedenen Therapiegruppen und deren jeweiliger Repositionserfolg:

Linker Balken zeigt die Anzahl der Hüften, welche die jeweilige Therapie erhielten; rechter Balken zeigt die Anzahl der Hüften die mit der jeweiligen Therapie erfolgreich reponiert werden konnten

70,1 % der luxierten Hüften (n = 82) konnten erfolgreich mit einer Spreizhose reponiert werden.

Dazu kamen in der Therapiegruppe der „Spreizhosen-Therapie“ zwei verschiedene Spreizhosen zur Anwendung. In n = 47 Fällen (57,3 %) wurde zur erfolgreichen Hüftreposition bis zur Ausheilung die sogenannte „Becker-Spreizhose“ verwendet. N = 25 Hüften (30,5 %) erhielten nach Beginn der Abspreizung mit der „Becker-Spreizhose“ bis zur erfolgreichen Reposition eine Anschlussstherapie mit der „Tübinger-Hüftbeugeschiene“. Bei n = 10 Hüften (12,2 %) wurde sowohl zur erfolgreichen Reposition als auch zur Ausreifung allein die „Tübinger-Schiene“ behandelt (siehe Abb. 40).

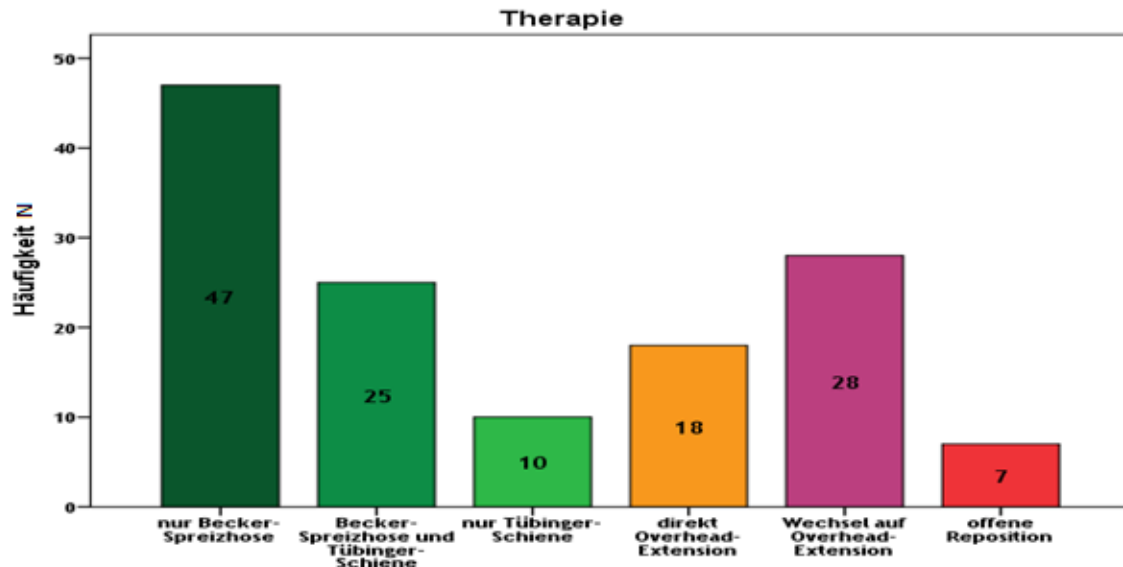


Abb. 40: Anzahl der Hüften in den Untergruppen der konservativen Spreizhosen-therapie, sowie in den weiteren Therapiegruppen

Das Alter bei Therapiebeginn betrug im Mittel 4,94 Wochen [0-27 Wo (min-max; SD 5,57 Wo)] und war in den vier Gruppen sehr unterschiedlich (siehe Abb. 41).

In der Gruppe der „Spreizhosen-Therapie“ betrug das mittlere Alter bei Therapiebeginn 2,96 Wochen [0-19 Wo (min-max; SD 3,69 Wo)]. Die Gruppe mit direkter „Overhead-Extension“ war bei Behandlungsbeginn im Mittel 9,89 Wochen alt [1-27 Wo (min-max; SD 6,99 Wo)] und zusammen mit der Gruppe „Wechsel auf Overhead-Extension“ mit durchschnittlich 8,39 Wochen bei Therapiebeginn [0-24 Wo (min-max; SD 6,20 Wo)] deutlich älter als die beiden anderen Therapiegruppen ($p < 0,05$). In der Gruppe „offene Reposition“ waren die betroffenen Fälle bei Behandlungsbeginn im Mittel 1,57 Wochen alt [0-3 Wo (min-max; SD 1,27 Wo)].

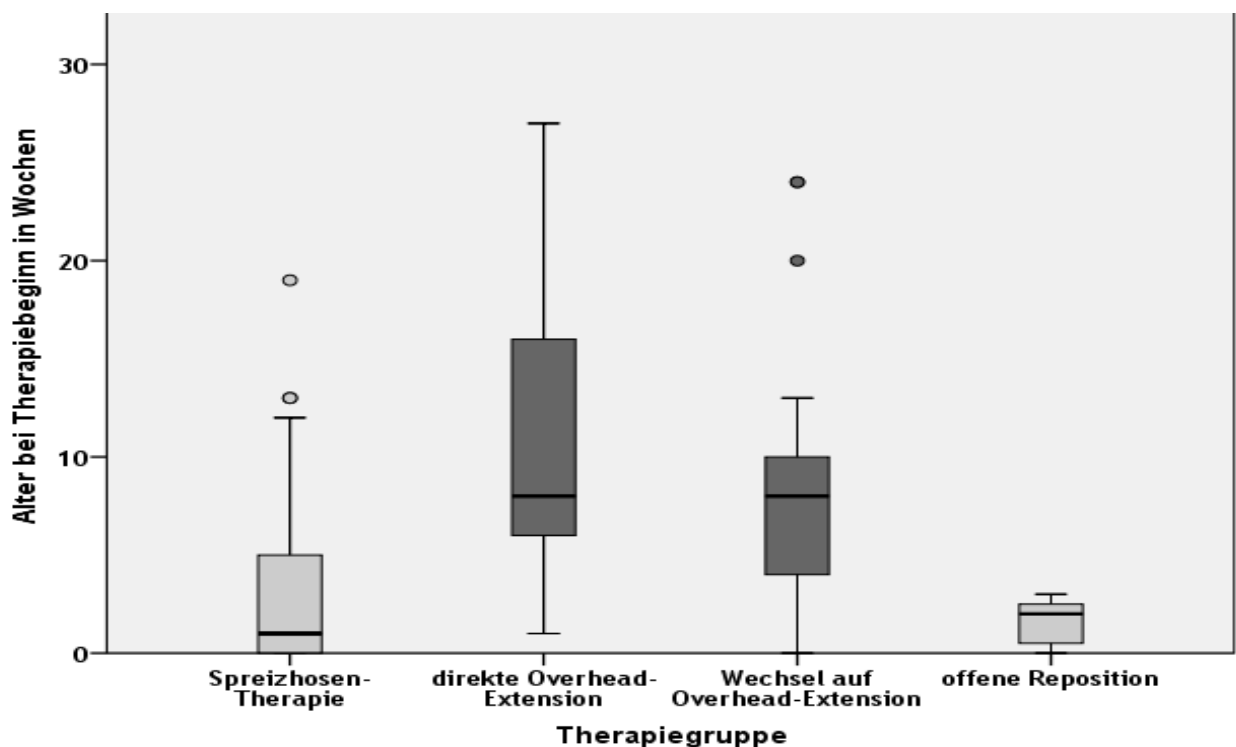


Abb. 41: Mittleres Alter in Wochen bei Behandlungsbeginn in den vier Therapiegruppen; $p < 0,05$

5.1.6. Einflussfaktoren auf den Repositionserfolg

Eine Vorbehandlung vor Therapiebeginn in der Kinderorthopädie der LMU München ließ das Relative Risiko für den Misserfolg der Spreizhosen-Therapie 1,54-fach steigen (KI: 1,02 – 2,31) und hatte somit negativen Einfluss auf den Repositionserfolg der konservativen Spreizhosen-Therapie (Abb. 42; $p = 0,003$).

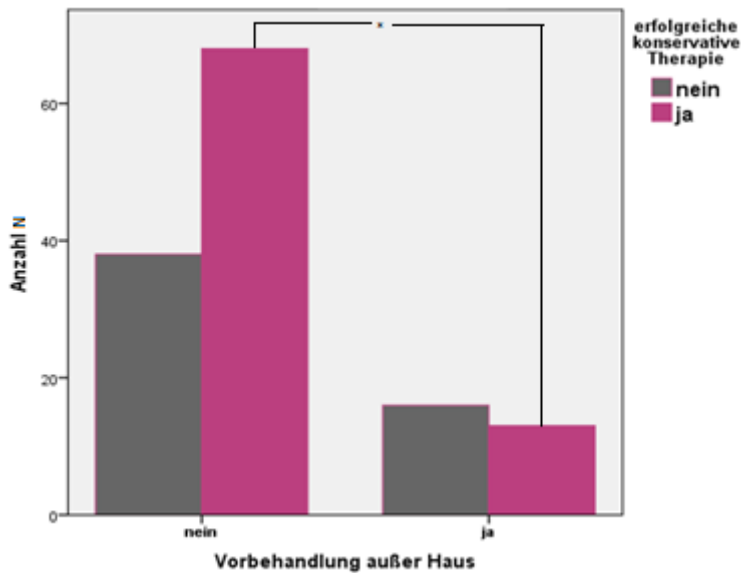


Abb. 42: Anzahl erfolgreich konservativ mit Spreizhosen reponierter Hüften (violett) ohne / mit Vorbehandlung; * = $p=0,003$

Auch der initiale Hüfttyp nach Graf stellte einen signifikanten Einflussfaktor auf den Repositionserfolg der Spreizhosen-Therapie dar (Abb. 43; $p = 0,001$).

Dabei war die Erfolgsrate bei IIIa-Hüften nach Graf weitaus am höchsten.

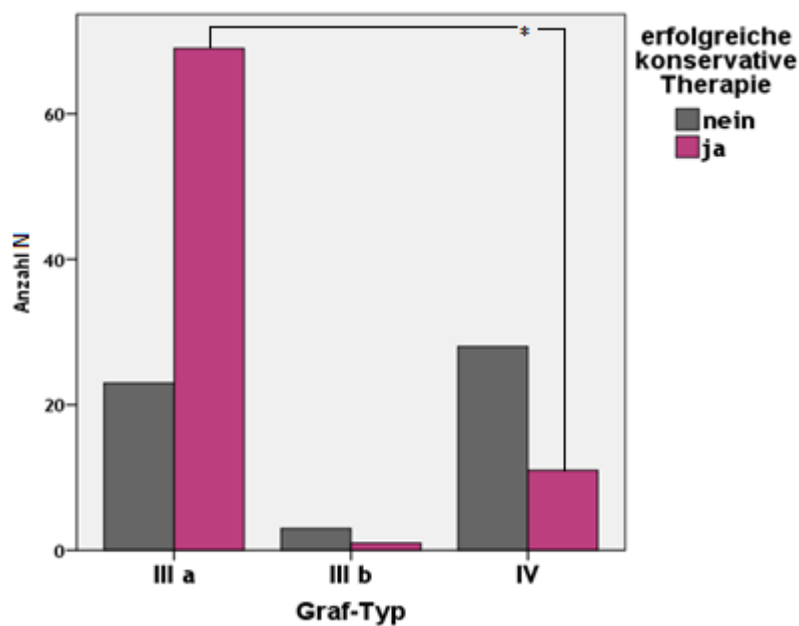


Abb. 43: Anzahl erfolgreich konservativ mit Spreizhosen reponierter Hüften (violett) je nach initialem Graf-Typ; * = $p=0,001$

Der Zeitpunkt des Therapiebeginns spielte eine entscheidende Rolle für den Therapieerfolg (Abb. 44 und Abb. 45).

Ein Behandlungsbeginn vor Ende der 6. Lebenswoche, d.h. zum Zeitpunkt der U3-Untersuchung, machte den Erfolg der Spreizhosen-Therapie wahrscheinlicher ($p < 0,001$).

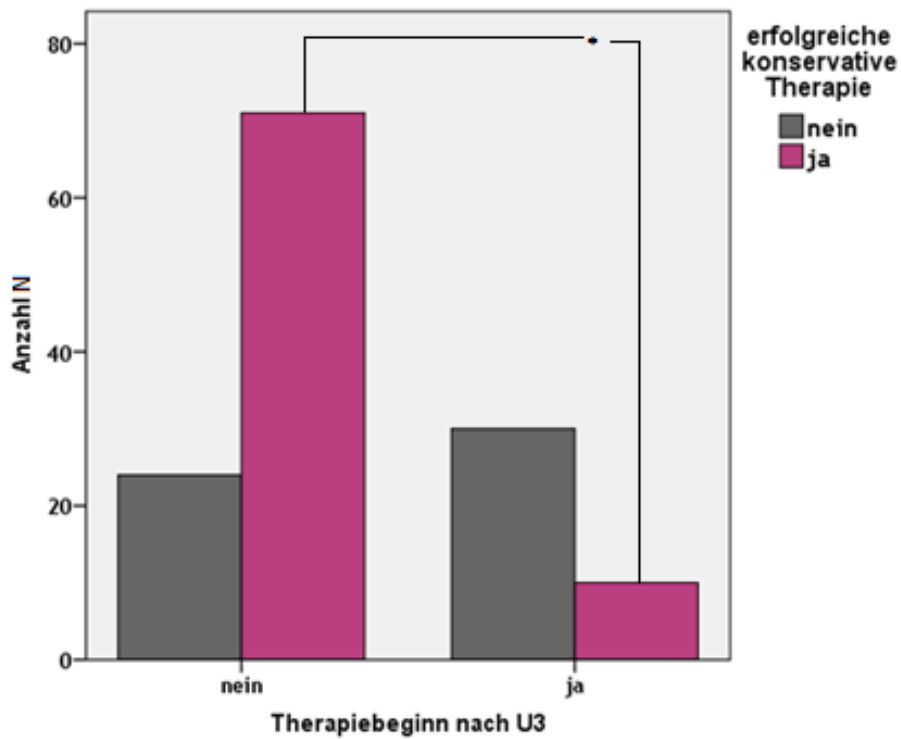


Abb. 44: Anzahl der mit Spreizhosen erfolgreich konservativ reponierten Hüften (violett) bei Therapiebeginn vor / nach der U3 = 4.–6. Woche; * = $p < 0,001$

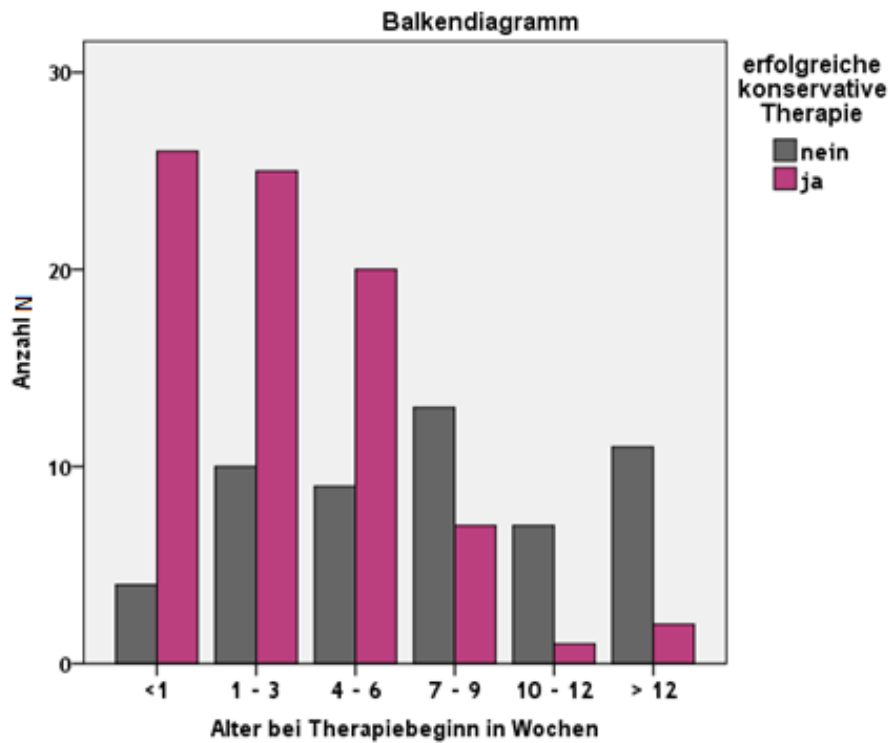


Abb. 45: Anzahl der mit Spreizhosen erfolgreich konservativ reponierten Hüften je nach Alter bei Therapiebeginn (violett)

Wie in Abbildung 46 ersichtlich, war der Behandlungserfolg bei Beginn der Spreizhosen-Therapie innerhalb der ersten Lebenswoche jedoch bereits deutlich höher als bei jedem späterem Therapiebeginn ($p = 0,001$).

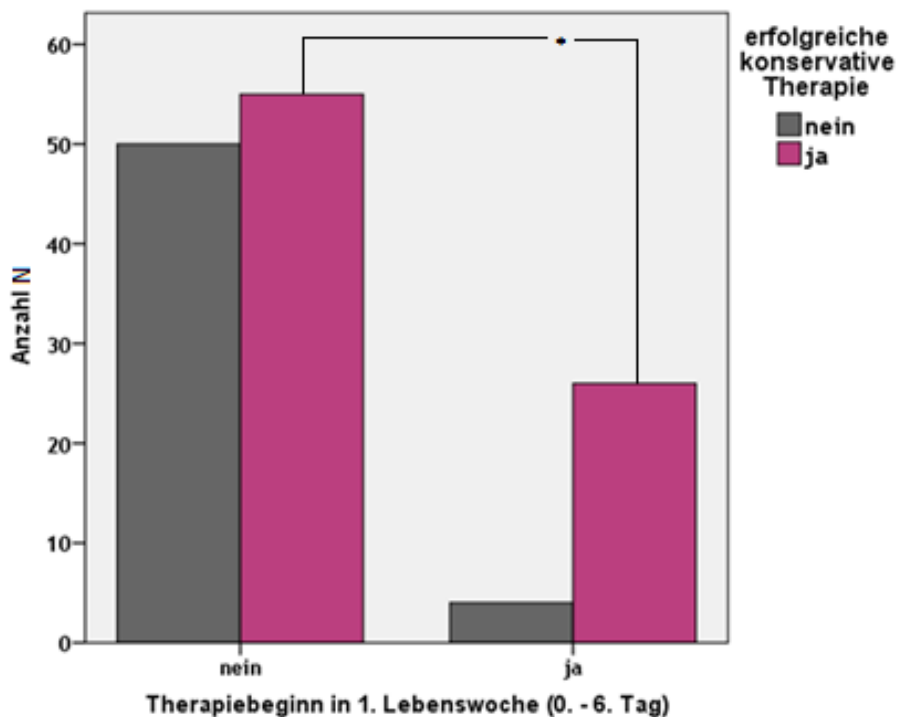


Abb. 46: Anzahl der mit Spreizhosen erfolgreich konservativ reponierten Hüften (violett) bei Therapiebeginn nach / in der 1. Lebenswoche; * = $p=0,001$

5.1.7. Therapiedauer

Die gesamte Therapiedauer betrug gemittelt über alle Therapiegruppen 17,5 Wochen [4-49 Wo (min-max; SD 7,39 Wo)] und war in den einzelnen Gruppen höchst unterschiedlich (siehe Abb. 47).

Die kürzeste Therapiedauer konnte in der Gruppe der „Spreizhosen-Therapie“ mit im Mittel 14,11 Wochen erzielt werden [4-29 Wo (min-max; SD 5,02 Wo)]. Die Therapiedauer der Gruppen mit „direkter Overheadextension“ [MW 20,28; 5,5-33 Wo (min-max; SD 6,61 Wo)] und „Wechsel auf Overhead-Extension“ [MW 21,29; 8-33 Wo (min-max; SD 4,45 Wo)] lagen, wie Abbildung 47 zeigt, eng beieinander. Die Fälle mit „offener Reposition“ benötigten für eine erfolgreiche Korrektur der luxierten Hüften mit durchschnittlich 20,28 Wochen [25-49 Wo (min-max; SD 8,21 Wo)] mit Abstand am längsten.

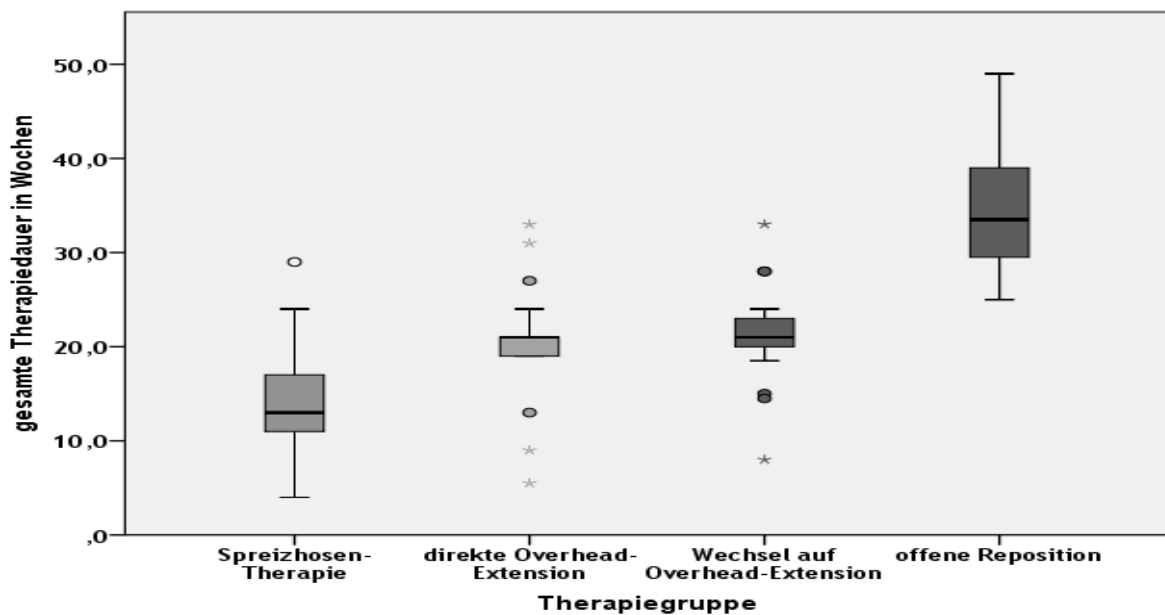


Abb. 47: Therapiedauer in den verschiedenen Therapiegruppen

5.1.8. Einflussfaktoren auf die Therapiedauer

Die Therapiedauer weiblicher Hüften lag im Mittel bei 16,71 Wochen [4,0-33,5 Wo (min-max; SD 6,35 Wo)], während männliche Hüften im Mittel 21,15 Wochen für die Reposition benötigten [5,5-49,0 Wo (min-max; SD 10,42 Wo)]; (Abb. 48; $p = 0,007$).

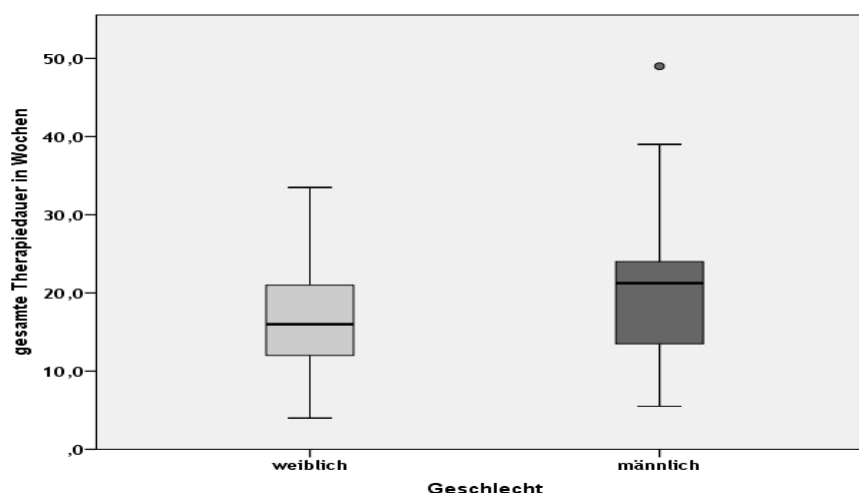


Abb. 48: Gesamte Therapiedauer in Wochen in Abhängigkeit vom Geschlecht; $p=0,007$

Die mittlere Therapiedauer von 16,31 Wochen der Typ IIIa-Hüften nach Graf [4-39 Wo (min-max; SD 7,13 Wo)] unterschied sich deutlich von einer durchschnittlichen Dauer von 19,96 Wochen bei den Typ IV-Hüften nach Graf [5,5-49,0 Wo (min-max; SD 7,72 Wo)]; (Abb. 49; $p = 0,028$). Mit $n = 4$ Typ IIIb-Hüften nach Graf war diese Gruppe für einen statistischen Vergleich zu klein.

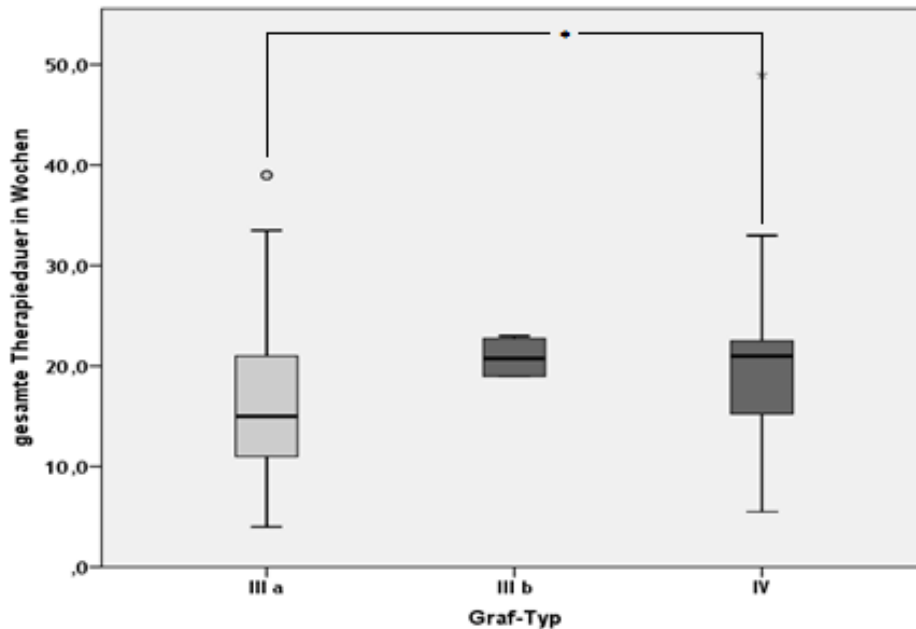


Abb. 49: Gesamte Therapiedauer in Wochen in Abhängigkeit vom initialen Hüfttyp nach Graf; * = $p=0,028$

Mit im Mittel 14,65 Wochen [4-31 Wo (min-max; SD 6,64 Wo)] war die Therapiedauer bei Therapiebeginn innerhalb der ersten Lebenswoche niedriger als bei späterem Therapiebeginn [MW 18,31; 5,5-49,0 Wo (min-max; SD 7,39 Wo)]; (Abb. $p = 0,016$). Setzt man den Cut-off nach der 6. Woche, d.h. zum Zeitpunkt der U3, beträgt der Unterschied in der Therapiedauer nur 1,4 Wochen (MW 17,06 vs. MW 18,54); ($p = 0,292$).

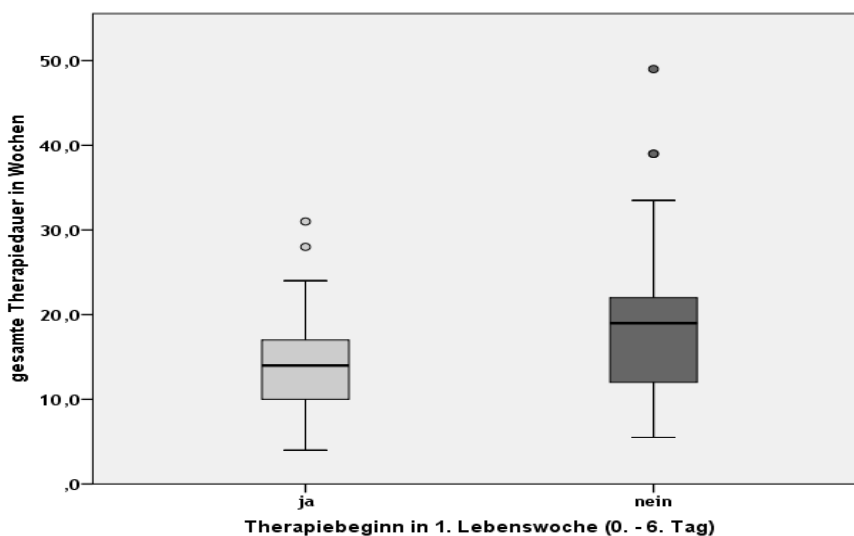


Abb. 50: Gesamte Therapiedauer in Wochen in Abhängigkeit vom Behandlungsbeginn in / nach der 1. Lebenswoche; $p=0,016$

5.2. Radiologische Ergebnisse

5.2.1. AC-Winkel und Restdysplasien

5.2.1.1. Laufalter-Kontrolle

Es lagen zu diesem Zeitpunkt Röntgenbilder von n = 106 Hüften vor.

Dabei betrug der mittlere AC-Winkel auf der ursprünglich luxierten Hüftseite 25,4° [12°-36° (min-max; SD 4,5°)] und auf der ursprünglich gesunden Seite 24,4° [3°-30° (min-max; SD 5°)].

Bei n = 48 von 106 kontrollierten Hüften (45,3%) konnte auf der luxierten Hüftseite ein AC-Winkel < 25° gemessen werden. Dies entspricht laut DGOT einer Restdysplasie 1. Grades und wird als nicht pathologisch eingestuft. Die restlichen Hüften wiesen nach diesen Kriterien eine Restdysplasie auf (siehe Tab. 5).

AC-Winkel	Einteilung nach DGOT	Anzahl N	% von 106
20°	Normalwert		
< 25°	Grad 1	48	45,3
25° - 29°	Grad 2	38	35,8
30° - 34°	Grad 3	18	17,0
≥ 34°	Grad 4	2	1,9

Tab. 5: AC-Winkel im Laufalter auf der betroffenen Seite (n=106).

Im Vergleich aller Therapiegruppen wies einzig die Gruppe mit „direkter Overhead-Extension“ in der Laufalterkontrolle auf der ursprünglich luxierten Seite einen im Mittel normalen, nicht-dysplastischen AC-Winkel von unter 25,0° auf (Abb. 51).

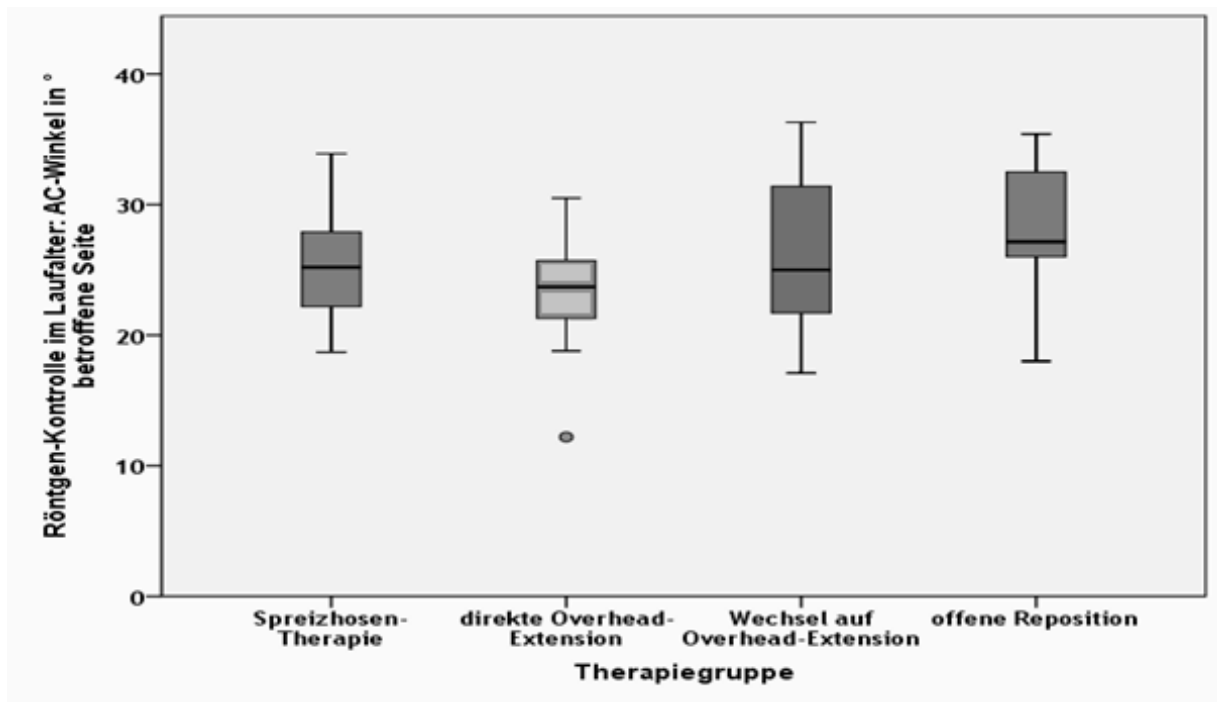


Abb. 51: AC-Winkel in Grad auf der ursprünglich luxierten Seite in den 4 verschiedenen Therapiegruppen, im Laufalter

Jedoch zeigte die eigentlich gesunde Seite zu diesem Zeitpunkt ebenfalls hauptsächlich dysplastische AC-Winkel von über 25,0°. Auch in diesem Alter konnte die Gruppe mit „direkter Overhead-Extension“, sowie hier auch die Gruppe mit „Wechsel auf Overhead-Extension“ im Mittel normale AC-Winkel vorweisen (Abb. 52).

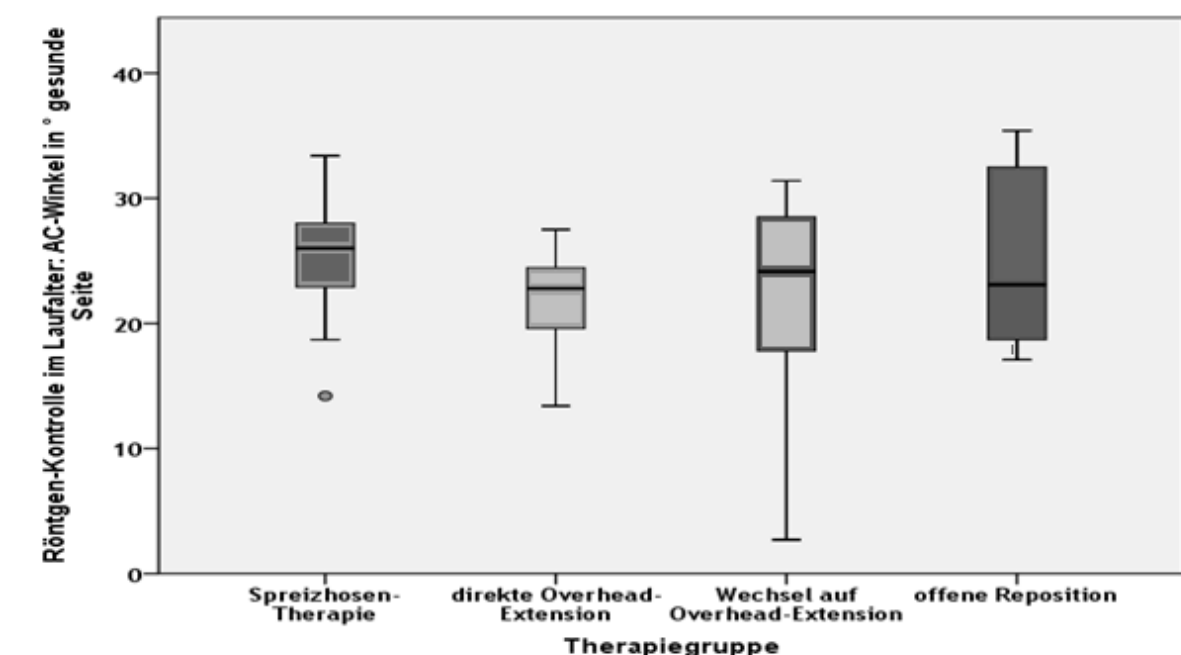


Abb. 52: AC-Winkel in Grad auf der ursprünglich gesunden Seite in den verschiedenen Therapiegruppen, im Laufalter

5.2.1.2. Kontrolle mit 4 Jahren

Zu diesem Zeitpunkt konnten n = 28 Hüften radiologisch nachkontrolliert werden.

Im Alter von 4 Jahren lag der mittlere AC-Winkel auf der ursprünglich luxierten Hüftseite bei 21,6° [12°-34° (min-max; SD 6,1°)] und auf der ursprünglich gesunden Seite bei 20,4° [13°-29° (min-max; SD 4,2°)]. In dieser Kontrolle wiesen alle Therapiegruppen auf der ursprünglich luxierten Seite einen, nach Klassifizierungssystem der DGOT, im Mittel dysplastischen AC-Winkel von über 20° auf (Abb. 53). Am besten schnitt die Therapiegruppe mit „Wechsel auf Overhead-Extension“ mit einem durchschnittlichen AC-Winkel von 20,9° [12°-34° (min-max; SD 8,2°)] ab.

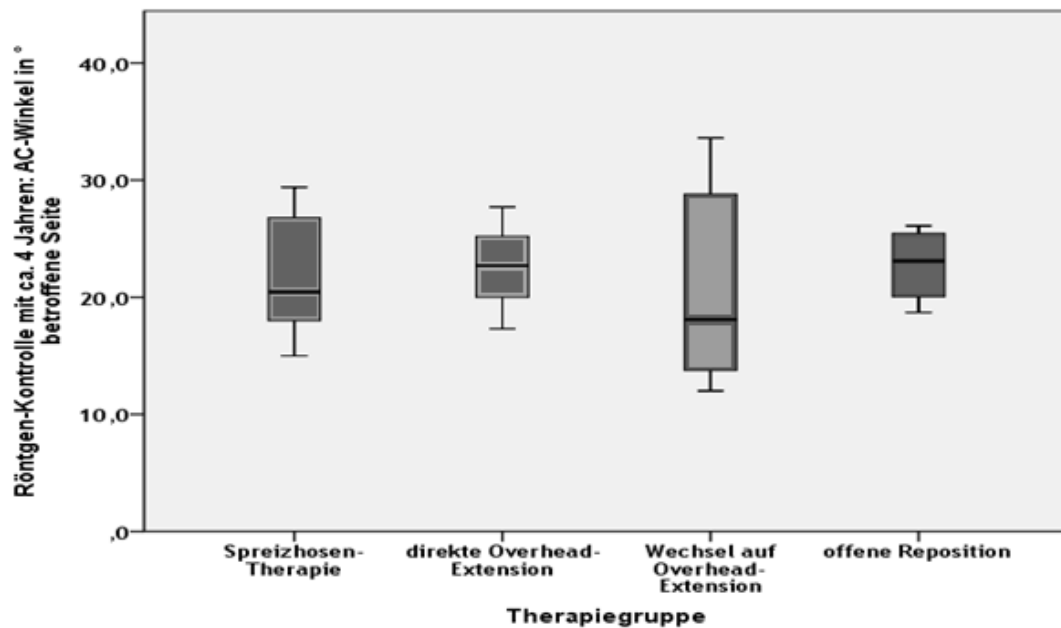


Abb. 53: AC-Winkel in Grad auf der ursprünglich luxierten Seite in den verschiedenen Therapiegruppen, im Alter von ca. 4 Jahren

Die AC-Winkel der ursprünglich gesunden Seite mit im Mittel 20,4° lagen dagegen alle knapp am physiologischen Bereich für diese Altersgruppe von < 20°. Ausnahme war die Gruppe der „Spreizhosen-Therapie“ mit einem mittleren AC- Winkel von 21,9° [15°-29° (min-max; SD 4,3°)]; (Abb. 54).

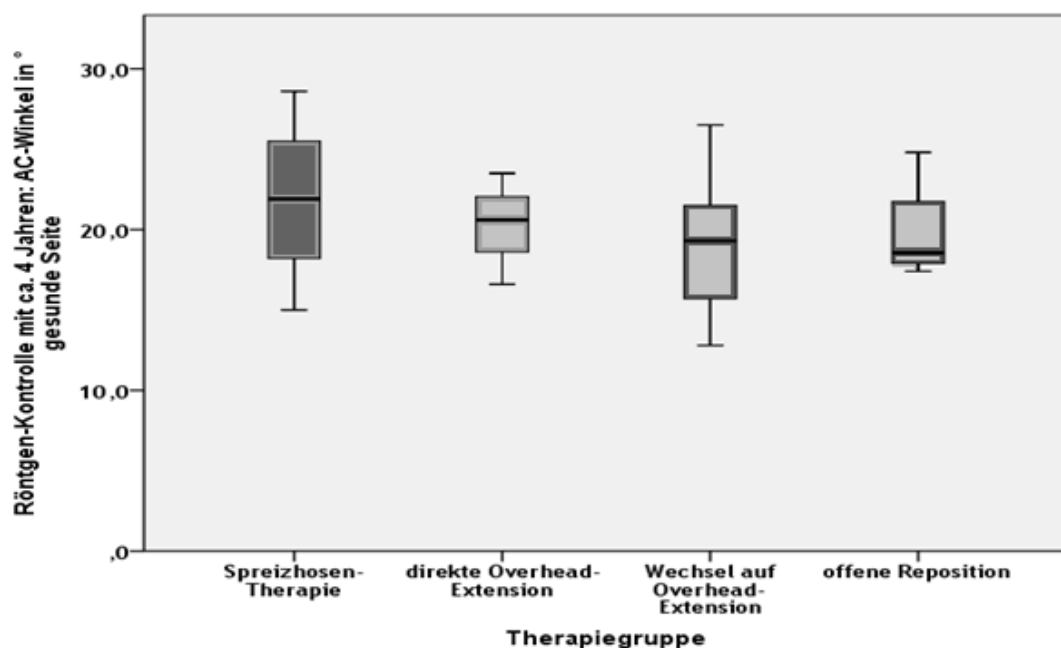


Abb. 54: AC-Winkel in Grad auf der ursprünglich gesunden Seite in den verschiedenen Therapiegruppen, im Alter von ca. 4 Jahren

5.2.1.3. Entwicklung AC-Winkel und Restdysplasien

Um die Entwicklung der AC-Winkel darzustellen, konnten n = 24 Hüften verglichen werden, welche sowohl im Laufalter wie auch mit 4 Jahren eine Röntgen-Kontrolle erhalten hatten. Für n = 4 Hüften, die im Alter von 4 Jahren radiologisch kontrolliert wurden, lagen keine Röntgen-Befunde aus dem Laufalter vor. Die Abbildungen 55 und 56 zeigen positive Veränderungen im Sinne einer Verbesserung der Restdysplasie-Grade, vor allem in der Therapiegruppe der „Spreizhosen-Therapie“ sowie am deutlichsten in der Gruppe mit „Wechsel auf Overhead-Extension“. In der Gruppe mit „direkter Overhead-Extension“ dagegen rutschten zwei Hüften jeweils um einen Grad ab. Die Gruppe der „offenen Reposition“ blieb im Alter von 4 Jahren unverändert.

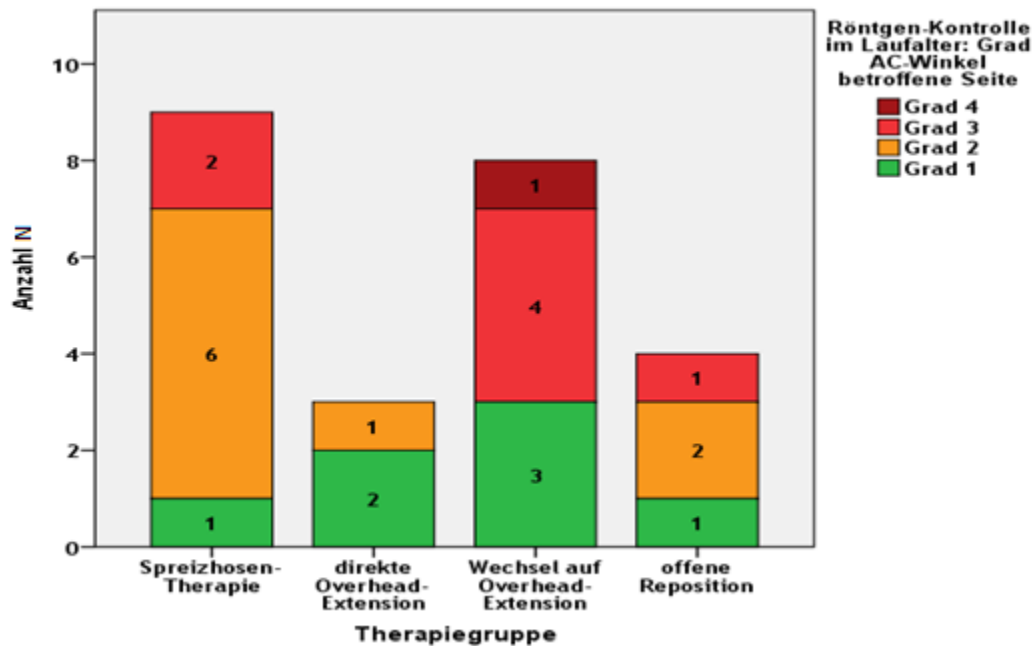


Abb. 55: Anzahl der Hüften mit den beschriebenen AC-Winkel-Graden im Laufalter; N gesamt =24

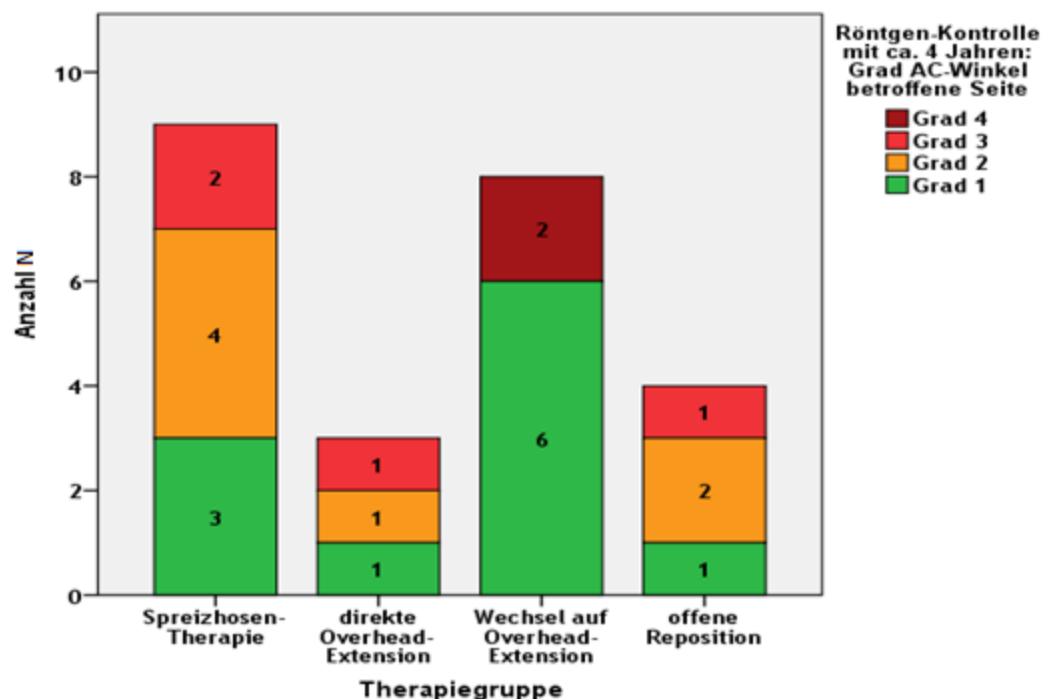


Abb. 56: Anzahl der Hüften mit den beschriebenen AC-Winkel-Graden mit ca. 4 Jahren; N gesamt =24

5.2.1.4. Einflussfaktoren auf die Entstehung einer Restdysplasie im Laufalter

Weder der Zeitpunkt des Therapiebeginns ($p = 0,219$), noch der initiale Graf-Typ ($p = 0,568$) oder die Therapiegruppe ($p = 0,171$) hatten entscheidenden Einfluss auf die Entstehung einer Restdysplasie im Laufalter (Abb. 57; 58; 59).

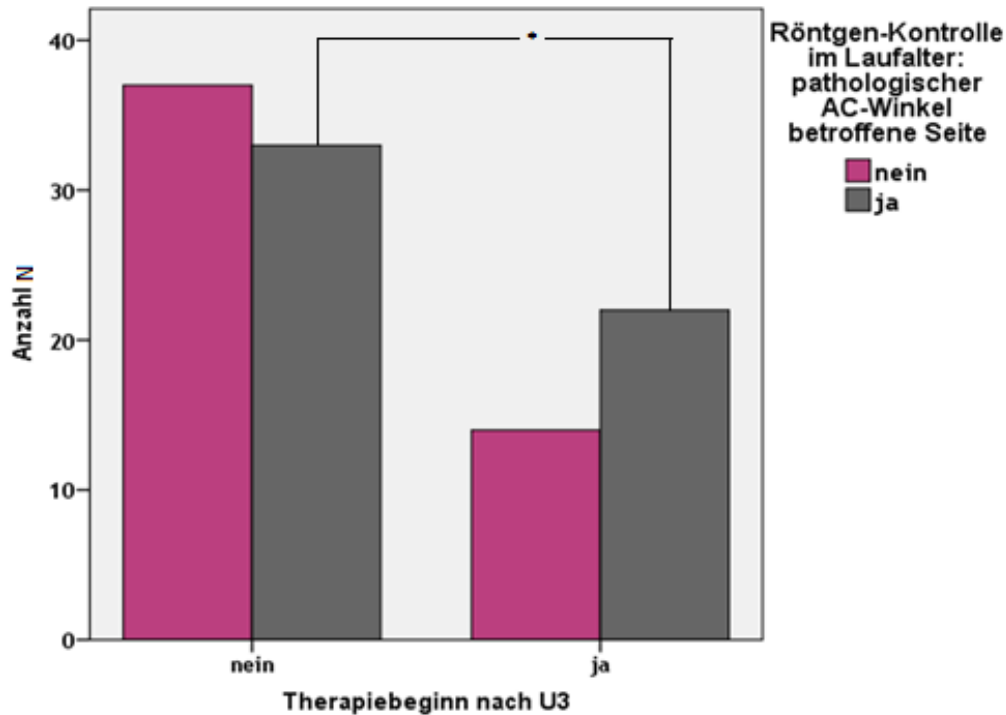


Abb. 57: Anzahl der Hüften mit Restdysplasie auf luxierter Seite im Laufalter (grau) bei Therapiebeginn vor / nach der U3; * = $p=0,219$

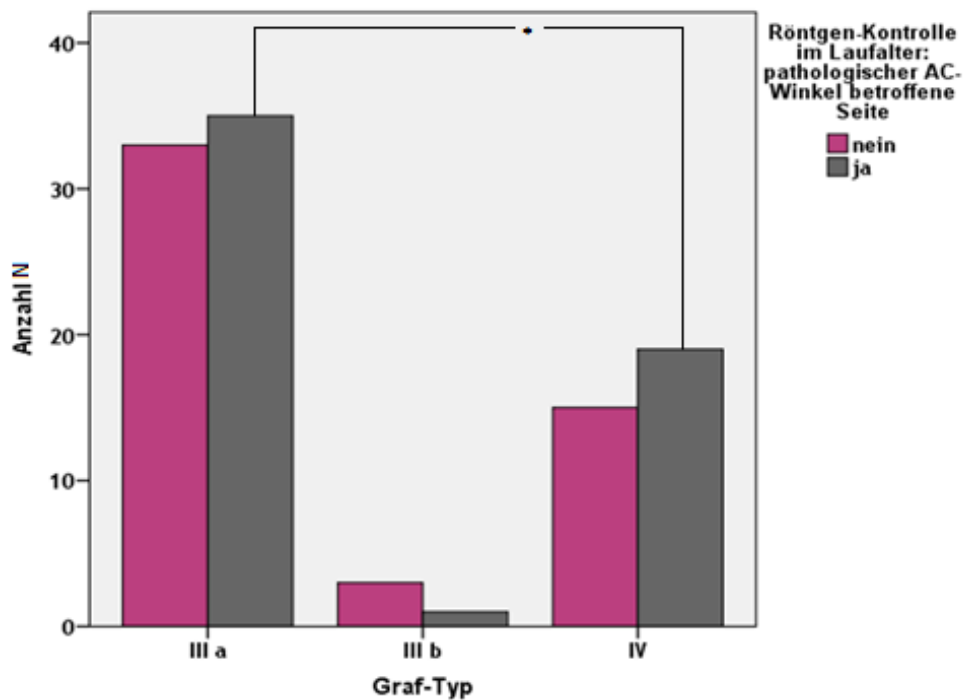


Abb. 58: Anzahl der Hüften mit Restdysplasie auf betroffener Seite im Laufalter (grau) je nach initialem Hüfttyp nach Graf; * = $p=0,568$

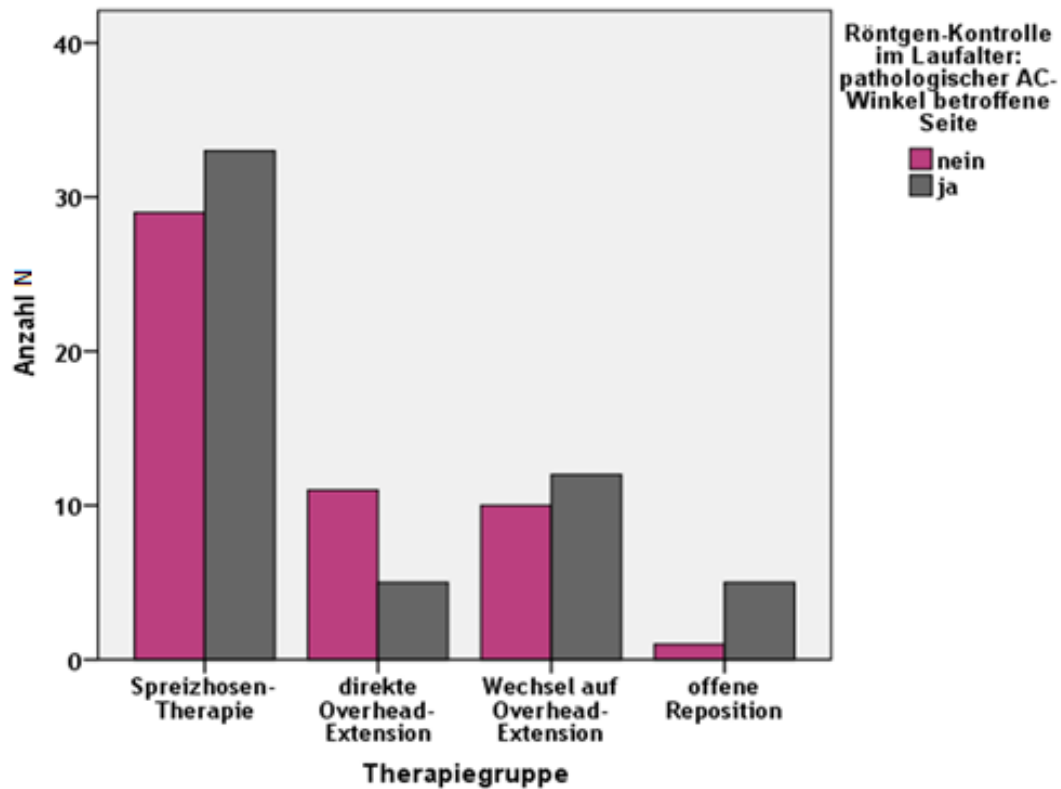


Abb. 59: Anzahl der Hüften mit Restdysplasie auf betroffener Seite im Laufalter (grau) je nach Therapiegruppe; * = $p=0,171$

Auch die Tragedauer der „Becker-Spreizhose“ ($p = 0,466$) und das Vorliegen einer Hüftkopfnekrose ($p = 1,0$) beeinflussten das Auftreten einer Restdysplasie im Laufalter nicht signifikant. Somit konnten in der vorliegenden Arbeit keine signifikanten Einflussfaktoren für das Auftreten einer Restdysplasie gefunden werden.

5.2.2. Hüftkopfnekrosen

Bei $n = 6$ Hüften (5,6 %) fand sich in der Laufalter-Kontrolle eine Hüftkopfnekrose vom Grad 2 nach Tönnis. $N = 2$ Hüften (2 %) wiesen in dieser Altersgruppe eine Hüftkopfnekrose vom Grad 4 nach Tönnis auf. Die beiden betroffenen Hüften stammten aus der Therapiegruppe der „offenen Reposition“ mit folgender Beckenosteotomie.

Nach Tönnis' Definition der Hüftkopfnekrose gilt ein Grad 2 als fraglich pathologisch, kann allerdings zu einer dauerhaften Kopfabplattung führen und wurde deshalb in der hier vorliegenden Arbeit zu den relevanten Hüftkopfnekrosen gezählt.

Somit lässt sich zusammenfassen, dass $n = 8$ (7,5 %) der nachkontrollierten 106 Hüften im Laufalter eine Hüftkopfnekrose (Grad 2 und schlechter) aufzeigten (siehe Abb. 60).

Röntgen-Kontrolle im Laufalter: Hüftkopfnekrose betroffene Seite

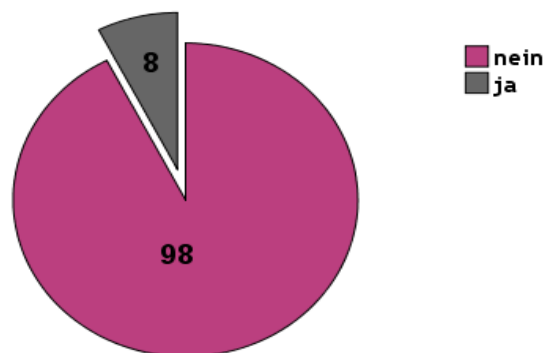


Abb. 60: Anzahl der Hüften mit einer Hüftkopfnekrose im Laufalter auf der betroffenen Seite

5.2.2.1. Entwicklung der Hüftkopfnekrosen

Um die Entwicklung der Hüftkopfnekrosen zu veranschaulichen, konnten wiederum $n = 24$ Hüften verglichen werden, welche sowohl im Laufalter wie auch mit 4 Jahren eine Röntgen-Kontrolle erhalten hatten.

Unter diesen $n = 24$ Hüften fanden sich im Laufalter auf der ursprünglich luxierten Seite $n = 3$ Hüftkopfnekrosen ($n=2$ vom Grad 2 nach Tönnis, $n=1$ vom Grad 4 nach Tönnis; Abb. 61; 62). Davon konnte sich die Hüftkopfnekrose 2. Grades in der Therapiegruppe der „offenen Reposition“ zwischen Laufalter und Kontrolle mit ca. 4 Jahren verbessern, die Nekrose 4. Grades dagegen blieb auch in der Kontrolle mit ca. 4 Jahren bestehen.

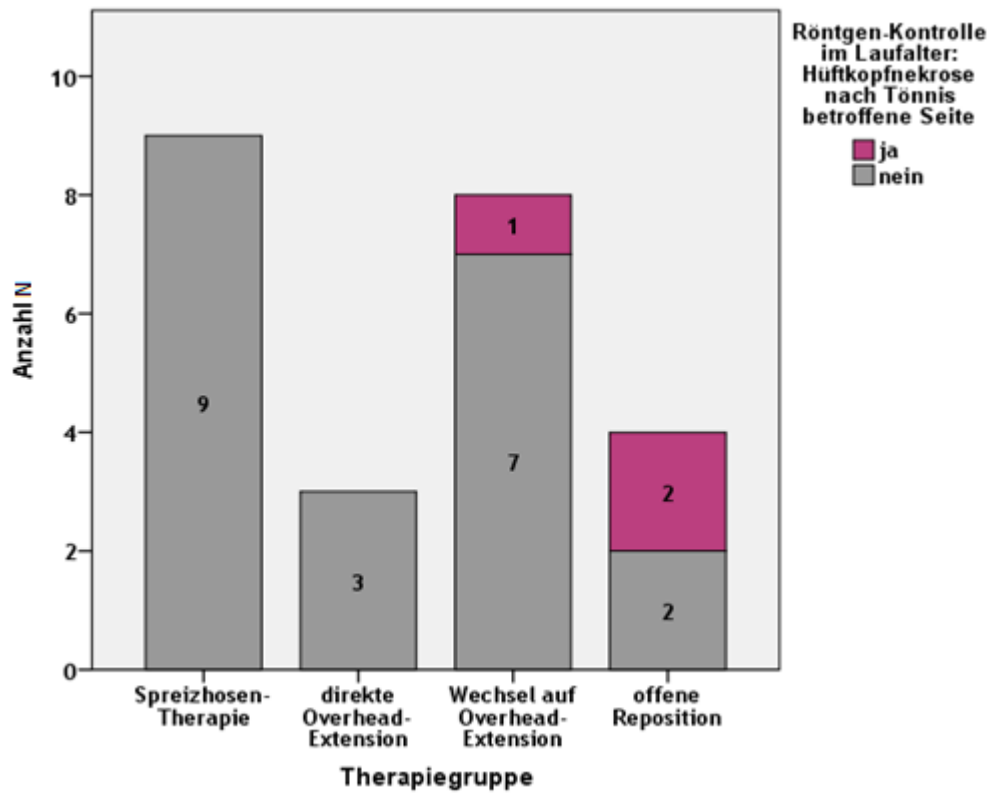


Abb. 61: Anzahl der Hüftkopfnekrosen auf der betroffenen Seite im Laufalter (violett) in den verschiedenen Therapiegruppen; N gesamt =24

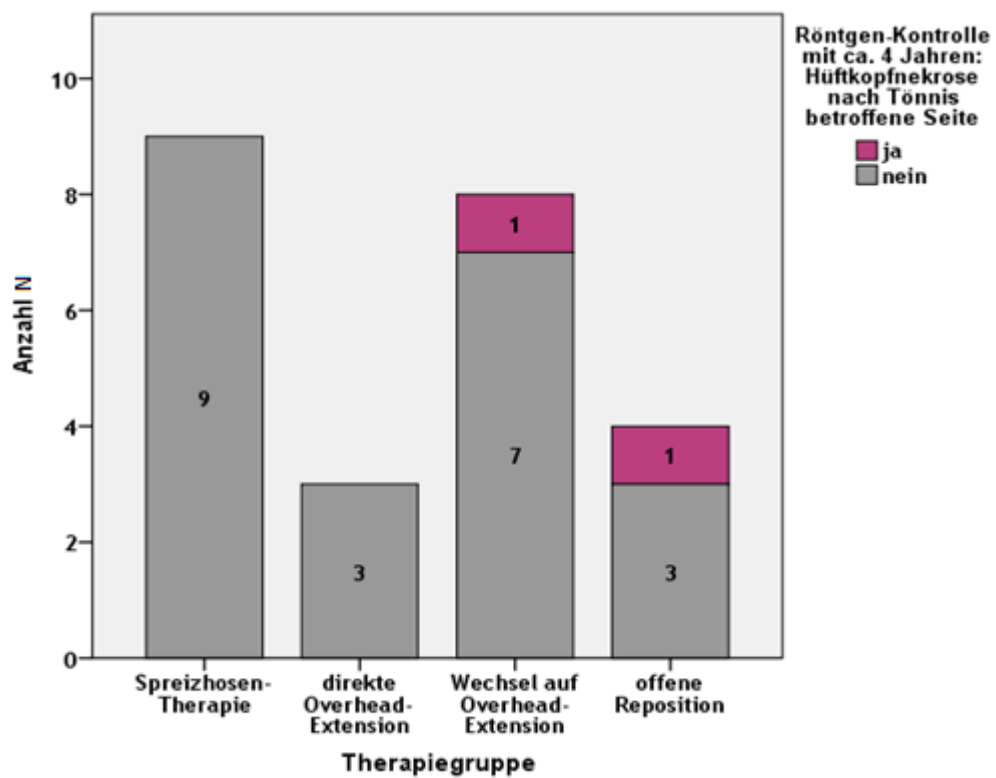


Abb. 62: Anzahl der Hüftkopfnekrosen auf der betroffenen Seite mit ca. 4 Jahren (violett) in den verschiedenen Therapiegruppen; N gesamt =24

Die gesunde Seite wies mit insgesamt $n = 2$ Hüftkopfnekrosen (beide Grad 2 nach Tönnis) in der Laufalter-Kontrolle bereits eine Nekrose weniger auf als die ursprünglich luxierte Seite. In $n = 1$ Fall konnte diese, ebenfalls in der Gruppe der „offenen Reposition“, bis zum 4. Lebensjahr ausheilen.

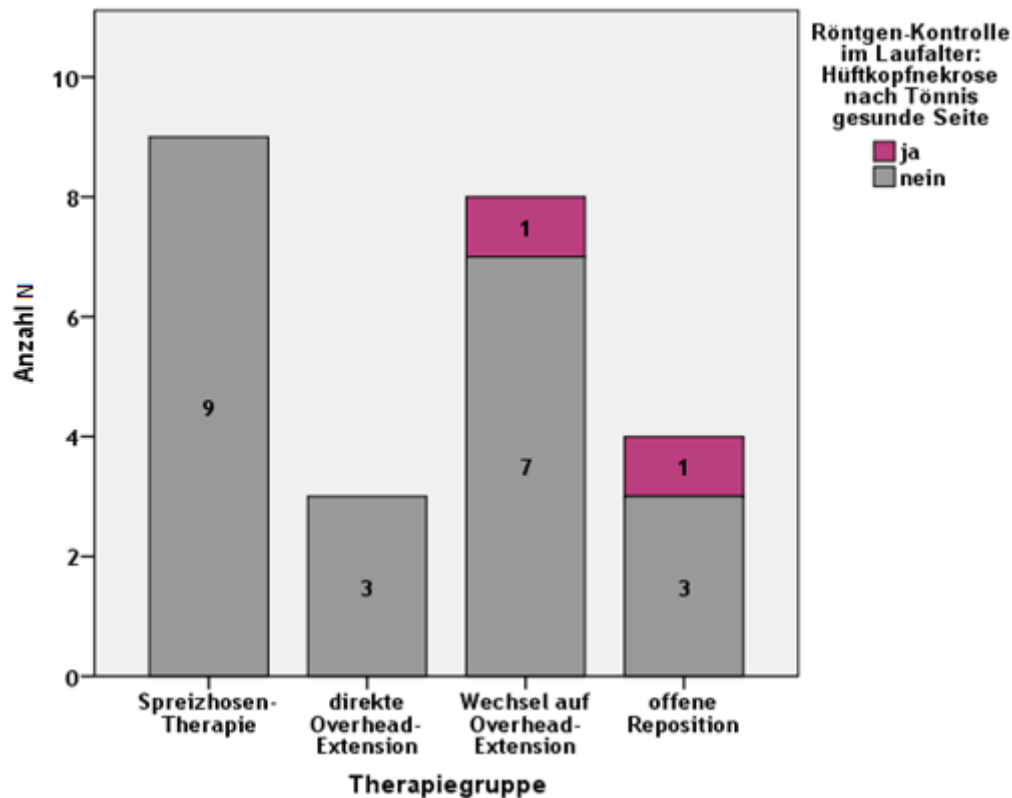


Abb. 63: Anzahl der Hüftkopfnekrosen auf der gesunden Seite im Laufalter in den verschiedenen Therapiegruppen; N gesamt =24

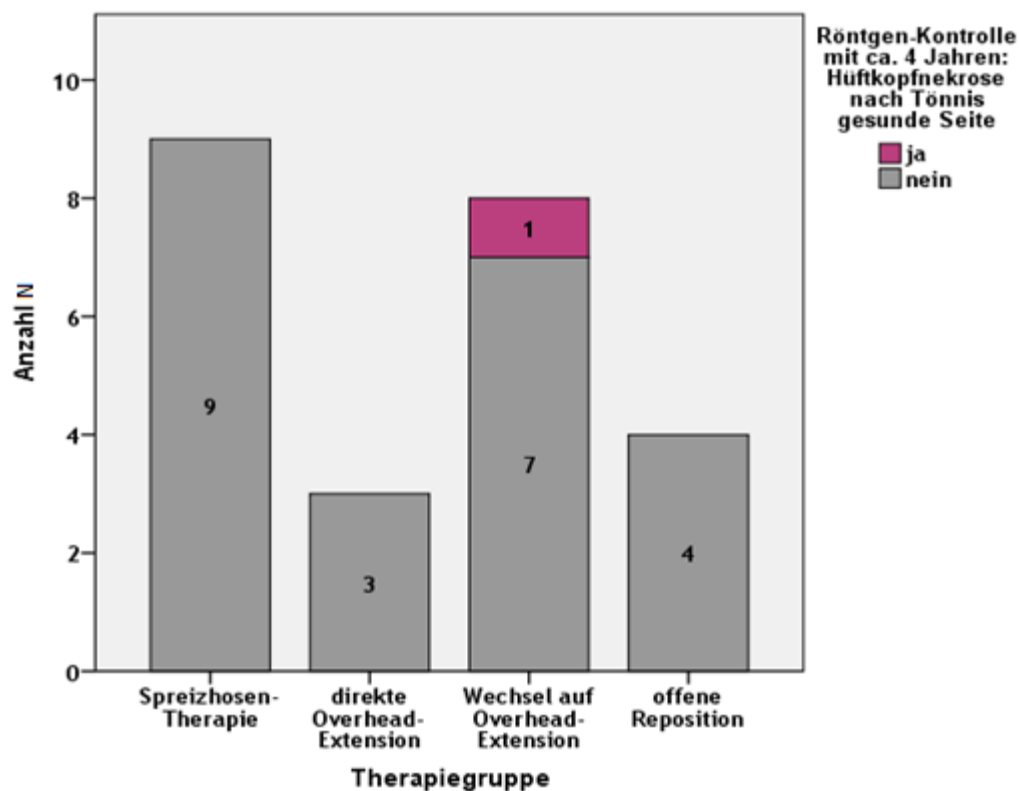


Abb. 64: Anzahl der Hüftkopfnekrosen auf der gesunden Seite mit ca. 4 Jahren in den verschiedenen Therapiegruppen; N gesamt =24

5.2.2.2. Einflussfaktoren auf die Entstehung einer Hüftkopfnekrose im Laufalter

Die Therapiegruppe zeigte einen entscheidenden Einfluss auf die Entstehung einer Hüftkopfnekrose im Laufalter ($p = 0,001$). Dabei sind die wenigsten Hüftkopfnekrosen in den beiden ersten Therapiegruppen zu finden, während sich in der Therapiegruppe der „offenen Reposition“ die weitaus meisten Hüftkopfnekrosen zeigten ($p < 0,03$).

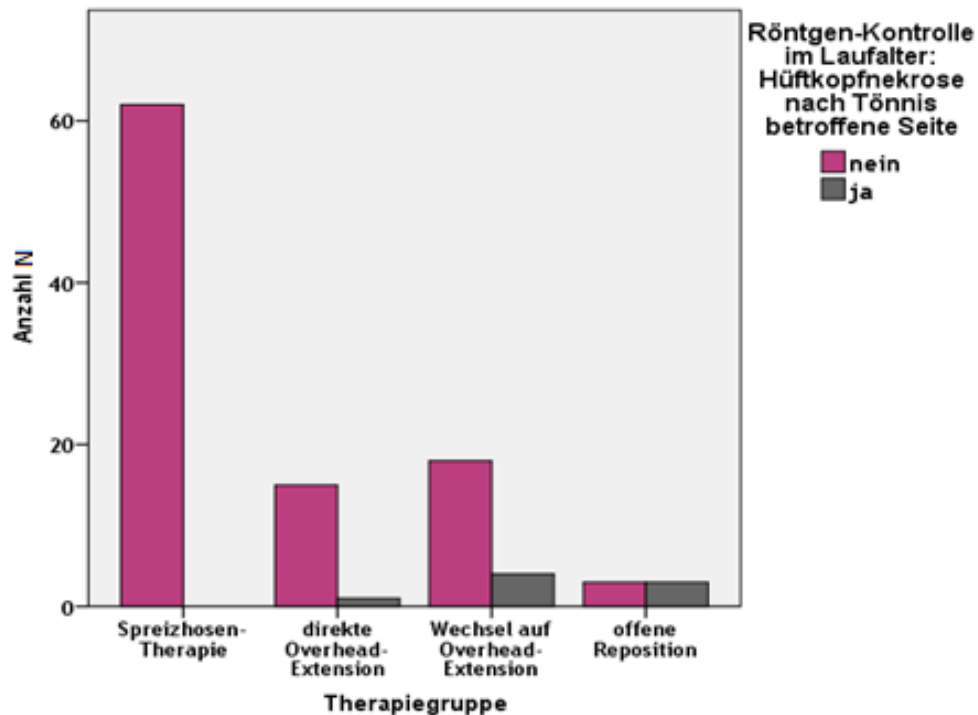


Abb. 65: Anzahl der Hüften mit einer Hüftkopfnekrose auf der betroffenen Seite (grau) je nach Therapiegruppe; $p=0,001$

5.3. Analyse der Fälle mit 3 Risikofaktoren für das Vorliegen einer Hüftdysplasie

Bei den betroffenen Hüften mit drei gleichzeitig vorliegenden Risikofaktoren (siehe Tab. 6) handelt es sich um vier weibliche und drei männliche Hüften der Graf-Typen IIIa, IIIb und IV. Die Therapie wurde zwischen der ersten und zehnten Lebenswoche begonnen. Auffällig ist jedoch, dass all diese Hüften nicht mit Spreizhosen, sondern nur durch Overhead-Extension oder offene Reposition reponiert werden konnten.

	Gewicht >4000g	BEL	pos. FA	1. Gravida	Oligo hydamnion	femorale Antetorsion	Geschlecht	betroffene Seite	Graf- Typ	Neben- befunde	Therapie- Beginn	Therapie- Gruppe
Fall 1	4400 g	ja	nein	nein	ja	nein	weiblich	rechts	IV	keine	mit 4 Wo	direkt OH
Fall 2	nein	ja	ja	ja	nein	nein	weiblich	links	IIIb	keine	mit 10 Wo	Wechsel auf OH
Fall 3	4180 g	nein	ja	ja	nein	ja	männlich	rechts	IV	keine	mit 4 Wo	Wechsel auf OH
Fall 4	nein	ja	ja	ja	nein	ja	männlich	rechts	IIIa	keine	mit 2 Wo	offene Reposition im 1. Lj
Fall 5	nein	ja	ja	ja	nein	ja	männlich	links	IIIa	keine	mit 2 Wo	offene Reposition im 1. Lj
Fall 6	nein	ja	ja	ja	nein	ja	weiblich	links	IV	keine	mit 0 Wo	offene Reposition im 1. Lj
Fall 7	nein	ja	ja	ja	nein	ja	weiblich	rechts	IV	keine	mit 0 Wo	offene Reposition im 1. Lj

Tab. 6: Übersicht über 7 Fälle mit 3 Risikofaktoren

5.4. Analyse der Fälle mit offener Reposition

Die Tabelle 7 zeigt, dass alle Fälle mit „offener Reposition“ im ersten Lebensjahr Erstgeborene mit Geburt aus Beckenendlage waren. Bei allen fielen intraoperativ erhöhte femorale Antetorsionswinkel auf. Bei n = 4 von 7 Fällen konnte außerdem eine positive Familienanamnese festgestellt werden. Das Geschlecht und die vorliegenden Graf-Typen waren sehr gemischt, genau wie das Vorhandensein einer Frühgeburt. Keine der betroffenen 7 Hüften wurde vor Beginn der Therapie an der LMU München vorbehandelt und das Alter bei Behandlungsbeginn schwankte zwischen erster und dritter Lebenswoche.

Auffallend ist für die Fälle mit offener Reposition im ersten Lebensjahr somit, dass sie allesamt eine erhöhte femorale Antetorsion und mehrerer Risikofaktoren gleichzeitig vorwiesen.

7 Fälle mit offener Reposition im 1. Lebensjahr

Fall	Typ n. Graf	Geschlecht	BEL	Pos. FA	1. SS	Frühgeburt	Fem. Antetorsion ↑	Vorbehandlung außer Haus	Alter in Wo bei Therapiebeginn in GH
1	IV	m	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	1
2	III a	m	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Nein	2
3	III a	m	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Nein	2
4	IV	w	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Nein	0
5	IV	w	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	0
6	III a	w	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein	3
7	IV	w	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	3

Tab. 7: Übersicht über 7 Fälle mit offener Reposition im 1. Lebensjahr

Fallbeispiel 1: Patient mit offener Reposition im 1. Lebensjahr

Ein Mädchen aus einer Erstschwangerschaft, Frühgeburt aus Beckenendlage, wurde im Alter von 5 Tagen nach auswärtig durchgeführter U2 in die Orthopädische Kinderambulanz Großhadern überwiesen. Der Säugling war ansonsten gesund, die Familienanamnese für Hüftdysplasien ist positiv.

Im Ultraschall wurden beidseits Typ IV-Hüften nach Graf diagnostiziert.

Sofort wurde die Behandlung mit der „Becker-Schiene“ begonnen. Die weiteren Kontrollen innerhalb der nächsten 2 Wochen zeigten keine Besserung des Hüftbefundes, sodass bei erfolgloser Spreizhosen-Therapie eine stationäre Aufnahme zur „Overhead-Extension“ erfolgte.

Während den folgenden 3 Wochen wurden die Beine der jungen Patientin zunächst in vorwiegend flektierter Stellung über Kopf aufgehängt und die Abspreizung stufenweise verstärkt.

Nach 3 Wochen in Extension wurde die Hüftstellung in Narkose überprüft und bei fehlender Spontanreposition manuell geschlossen reponiert.

Zur Retention der reponierten Hüften wurde ein Becken-Bein Gips in modifizierter Fettweis-Stellung angelegt und für 3 Wochen belassen. Nach diesen 3 Wochen erfolgte anhand einer Röntgen-Aufnahme eine Stellungskontrolle. Dabei zeigten sich beide Hüften weiterhin im Gelenk.

Nach einer Tragezeit des Becken-Bein-Gipses von insgesamt 6 Wochen erfolgte eine erneute radiologische Kontrolle, wobei rechtsseitig eine Reluxation auffiel.

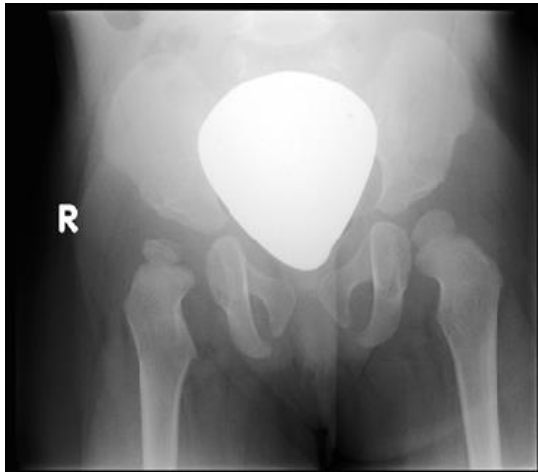
Somit musste die rechte Hüfte anschließend offen eingestellt werden und erneut ein Becken-Bein-Gips für 3 Wochen getragen werden.

Bei der folgenden Kontrolle zum Umgipsen in Narkose fiel links eine reluxierte Hüfte auf.

Daraufhin wurde schließlich auch die linke Hüfte offen reponiert und beidseits ein Becken-Bein-Gips für 6 Wochen angelegt. Dieser wurde nach 3-wöchiger Tragedauer in Kurznarkose gewechselt.

Zum Abschluss erhielt die Patientin eine Forrester-Brown-Schiene zur Nachreifung der beidseits reponierten Hüften, welche über eine Dauer von 12 Wochen dauerhaft mit Ausnahme von Wickeln und Baden getragen werden muss.

Ergebnisse im Verlauf



AC-Winkel: rechts 33°, links 26°
Restdysplasie rechts und links
Hüftkopfnekrose: rechts Grad 2

Abb. 66: Röntgen-Bild bei der Laufalter-Kontrolle



AC-Winkel: rechts 24,8°, links 18,7°
Restdysplasie: rechts fortbestehend, links ausgereift
Hüftkopfnekrose: keine

Abb. 67: Röntgen-Bild mit ca. 4 Jahren

5.5. Analyse der Fälle mit sekundärer Operation

Tabelle 8 macht deutlich, dass es sich bei den Beckenosteotomien nach dem ersten Lebensjahr in 3 von 4 vorliegenden Fällen um Typ IV-Luxationen nach Graf handelt, bei denen die Behandlung erst spät begonnen wurde. Alle vier betroffenen Hüften konnten nicht erfolgreich mit Spreizhose reponiert werden, sondern benötigten dafür eine Overhead-Extension. Geschlecht und betroffene Seite waren gemischt, genau wie das Vorliegen der bekannten Risikofaktoren. Nur zwei von vier Fällen zeigten mehrere Risikofaktoren gleichzeitig.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass vorwiegend Typ IV-Hüften nach Graf und luxierte Hüften mit spätem Behandlungsbeginn eine sekundäre Operation nach dem ersten Lebensjahr benötigten.

4 Fälle mit späterer Operation

Fall	Gewicht >4000g	BEL	pos. FA	1. Gra	Oligoh ydram	Fem. Anteto rSION	Geschlecht	betroffene Seite	Graf -Typ	Therapie -Beginn	Therapiegruppe	Art der Operation	Zeitpunkt der Operation
1	nein	nein	nein	ja	nein	nein	w	rechts	IIIa	19 Wo	Wechsel auf OH-Extension	Salter	6y/5mo
2	nein	nein	ja	ja	nein	nein	w	links	IV	16 Wo	direkt OH-Extension	Salter	3y/3mo
3	nein	nein	ja	n	nein	nein	m	rechts	IV	12 Wo	Wechsel auf OH-Extension	Salter	2y/4mo
4	ja	nein	ja	ja	nein	ja	m	links	IV	4 Wo	Wechsel auf OH-Extension	Salter + DVO	1y/11mo

Tab. 8: Übersicht über 4 Fälle mit Operation nach dem 1. Lebensjahr

Fallbeispiel 2: Patient mit sekundärer Operation

Ein männlicher Säugling nach Erstgeburt mit 4180 Gramm Geburtsgewicht kam nach 4 Wochen zur U3 in die Orthopädische Kinderambulanz Großhadern. Der Junge war soweit gesund und es konnte bei den Eltern eine positive Familienanamnese für Hüftdysplasien erfragt werden.

Der Ultraschall der Hüften ergab einen Typ IV nach Graf auf der linken Seite.

Aus diesem Grund erhielt der kleine Junge sofort eine „Becker-Spreizhose“.

Diese zeigte in den Kontrollen während der folgenden 2 Wochen keinen Erfolg, weshalb auch er zur stationären „Overhead-Extension“ aufgenommen wurde.

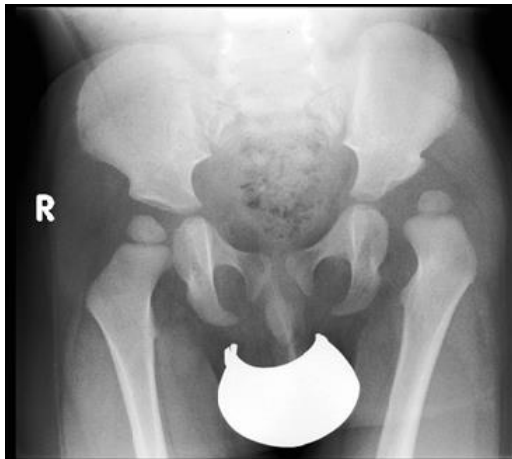
Während den nächsten 3 Wochen wurden die Beine unter Zug zunehmend abgespreizt, um das Gelenk und die Muskulatur für die Reposition zu lockern.

Nach dieser Zeit konnte die linke Hüfte in Narkose geschlossen reponiert und der Becken-Bein-Gips in modifizierter Fettweis-Stellung zur Retention angelegt werden.

Die Stellungskontrolle im Röntgen nach 3 Wochen zeigte keinerlei Auffälligkeiten und beidseits eine korrekte Hüftstellung, sodass der 2. Gips nach 6 Wochen durch eine Forrester-Brown-Schiene ersetzt werden konnte.

Durch 12-wöchiges konsequentes Tragen dieser zur Nachreifung indizierten Schiene, erschienen die Hüften in der Abschlusskontrolle komplett nachgereift.

Ergebnisse im Verlauf



AC-Winkel: rechts 23°, links 32°

Restdysplasielinks

Hüftkopfnekrose: keine

Abb. 68: Laufalter-Kontrolle mit 18 Monaten

Weiteres Procedere:

Aufgrund der in der Laufalter-Kontrolle im Röntgenbild linksseitig diagnostizierten Restdysplasie wurde in Absprache mit den Eltern beschlossen, weitere 6 Monate und eine mögliche spontane Nachreifung der linken Hüfte abzuwarten.

Bei der Kontrolle mit 23 Monaten zeigte sich dann jedoch ein konstant schlechter Befund, was Indikation für die folgende Beckenosteotomie nach Salter mit gleichzeitiger Derotations-Varisations-Osteotomie war.

Ergebnisse im Verlauf

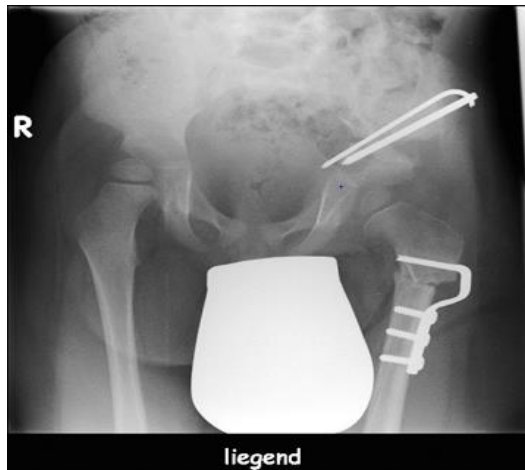


Abb. 69: Röntgen-Aufnahme nach Becken-Osteotomie mit 23 Monaten



AC-Winkel: rechts 14,8°, links 6,7°
Restdysplasie: keine
Hüftkopfnekrose: keine

Abb. 70: Röntgen-Kontrolle vor Schulbeginn

6. DISKUSSION

Die hier vorliegende Studie hatte das Ziel, unterschiedliche Repositionsmethoden für kongenitale Hüftluxationen anhand klinischer und radiologischer Ergebnisse zu vergleichen, um so eine derzeit fehlende Therapieempfehlung zu ermöglichen.

Dazu wurden 6 Hypothesen aufgestellt, die allesamt bestätigt werden konnten.

Luxierte Hüften können innerhalb des ersten Lebensjahres zum Großteil erfolgreich konservativ mittels reiner Spreizhosen Therapie reponiert werden.

Der Erfolg der Spreizhosenbehandlung war bei sehr frühem Therapiebeginn vor Ende der ersten Lebenswoche und bei Typ IIIa-Hüften nach Graf am höchsten.

Die Entwicklung zeigte fallende AC-Winkel und somit eine größtenteils positive Entwicklung und Ausreifung der AC-Winkel.

Eine Folgeoperation nach dem ersten Lebensjahr wurde nur bei einem äußerst geringen Prozentsatz notwendig.

Hüftkopfnekrosen wurden insgesamt äußerst selten diagnostiziert.

Um mittelfristige Therapieergebnisse unterschiedlicher Repositionsmethoden für kongenitale Hüftluxationen vergleichen zu können, bedarf es neben der Betrachtung der unmittelbaren Erfolgsrate der Reposition einem weitreichenderen Zielparameter. Dafür hat sich in der Literatur der AC-Winkel, welcher auch „Pfannendachwinkel nach Hilgenreiner“ oder im Englischen „acetabular index“ genannt wird, etabliert (Dornacher et al., 2010; Dwan et al., 2017; Tönnis, 1997; Utzschneider et al., 2016). Einer japanischen Studie nach ist der AC-Winkel sogar der verlässlichste Vorhersagewert für eine Restdysplasie (Nakamura et al., 2007).

Die Messung erfolgt auf einer a.p. Röntgenaufnahme des kindlichen Beckens und dient der Feststellung einer möglichen Restdysplasie.

In der Literatur findet sich eine Vielzahl unterschiedlicher Normwerte für den AC-Winkel und somit eine große Diskrepanz bei der Definition einer Restdysplasie (Albinana et al., 2004; Nakamura et al., 2007; Sucato et al., 1999).

In dieser Arbeit wurde zur Beurteilung der gemessenen AC-Winkel, wie auch bei Dornacher, Utzschneider und Kubo (Dornacher et al., 2010; Kubo, Pilge, Nepp, et al., 2018; Utzschneider et al., 2016), die Einteilung nach Tönnis bzw. dem Klassifizierungssystem des Arbeitskreises für Hüftdysplasie der DGOT verwendet (Tönnis & Brunken, 1968). Diese Einteilung ist sehr verbreitet, allerdings auch vergleichsweise streng (Cashman et al., 2002; Sucato et al., 1999). Definiert Sucato et al. eine Dysplasie erst ab 2 Standardabweichungen über dem Durchschnitt (Sucato et al., 1999), gilt diese Abweichung bei Tönnis bereits als „schwere Dysplasie“. Nochmal andere setzen den Grenzwert für die Diagnose einer dysplastischen Hüfte im Laufalter auf 30° (Gwynne Jones et al., 2006; Nakamura et al., 2007), statt wie Tönnis auf über 25°.

Daneben existiert noch die Severin-Klassifikation, die sich zur Diagnose einer Restdysplasie am CE-Winkel nach Wiberg orientiert. Sie wird ebenfalls angewendet, um das Behandlungsergebnis von Hüftfreistellungsstörungen radiologisch zu quantifizieren und unterscheidet dabei zwischen 6 Gruppen. Eine amerikanische Arbeit hat hierzu herausgefunden, dass eine Aufteilung der Severin-Klassifikation in 3 klinisch relevanten Gruppen (gut = Severin I + II, dysplastisch = Severin III und schlecht = ab Severin IV) die Interobserver-Reliabilität erhöht und ebenfalls ausreichend ist (Carroll et al., 2011).

Da der Hüftkopf jedoch erst ab dem 5. Lebensjahr voll ausgereift und verknöchert ist und sich ein sicherer Hüftkopfmittelpunkt erst dann bestimmen lässt, ist die Messung des CE-Winkels erst ab

diesem Zeitpunkt möglich (Tönnis & Brunken, 1968) und wurde in dieser Arbeit daher nicht weiter verfolgt.

Zahlreiche Autoren sind sich einig, dass neben dem AC-Winkel weitere Winkel zur Diagnostik und Verlaufsbeurteilung von Hüftreifungsstörungen nötig sind (Idelberger, 1970; Mittelmeier et al., 1998; Tönnis & Legal, 1984; Utzschneider et al., 2016; Ziegler et al., 2008).

Da in der vorliegenden Arbeit allerdings ausschließlich Röntgenbefunde im Laufalter und mit ca. 4 Jahren eingeschlossen und verglichen werden konnten, konzentrierte sie sich auf die Auswertung und Beurteilung des AC-Winkels nach Hilgenreiner.

Bei einem längerfristigen Follow-up und weiteren Röntgenaufnahmen wäre das Ausmessen weiterer Winkel sinnvoll.

Der CE-Winkel (Zentrum-Ecken-Winkel) nach Wiberg beurteilt das Ausmaß der Überdachung des Hüftkopfes und ist somit ein Indikator für die Kopf-Pfannen-Beziehung in der Frontalebene (Tönnis & Legal, 1984). Obwohl Utzschneider et al. diesen Winkel ebenfalls zur Verlaufsbeurteilung von Hüftdysplasien im Laufalter verwenden (Utzschneider et al., 2016), hält Tönnis eine Messung jedoch erst ab dem 5. Lebensjahr für sinnvoll, da der Hüftkopf erst dann voll ausgereift und verknöchert ist und sich ein sicherer Hüftkopfmittelpunkt bestimmen lässt (Tönnis & Legal, 1984).

Der Pfannendachwinkel nach Idelberger und Frank, auch als ACM-Winkel bekannt, beurteilt die Tiefe der Hüftgelenkspfanne und wurde von Idelberger und Frank 1952 erstmals zur Erkennung einer eventuell vorliegenden Dezentrierung eingesetzt (Tönnis & Legal, 1984). Da es bei Kindern unter 2 Jahren häufig Probleme bereitet, den kaudalsten Punkt der Pfanneneingangsebene im Röntgenbild festzulegen, gelten die von Tönnis bestimmten Normwerte auch erst ab diesem Alter (Tönnis & Legal, 1984).

Der Hüftwert nach Tönnis entstand aus der Idee einer Mehraussage über die Form eines Gelenkes durch die Kombination mehrerer Messwerte. Laut Tönnis erfasst jeder einzelne Messwert pathologische Gelenke nur bis zu einem bestimmten Prozentsatz, wohingegen der Hüftwert als Kombination eine größere Genauigkeit liefert (Tönnis, 1976). Zur Berechnung ist neben dem zuvor eingezeichneten CE- und ACM-Winkel die Konstruktion einer Dezentrierungsstrecke MZ notwendig. Sie stellt ein Maß für die Dezentrierung der Kugelmittelpunkte von Kopf und Pfanne dar und wird als Entfernung der Kugelmittelpunkte voneinander in Millimetern gemessen (Tönnis & Legal, 1984).

Der CCD-Winkel (Centrum-Collum-Diaphysen-Winkel nach M.E. Müller) wird durch den Neigungswinkel der Schenkelhalsachse zur Schaftachse des Femur gebildet (Tönnis & Legal, 1984). Beim konstruierten CCD-Winkel handelt es sich zunächst allerdings um einen „projizierten Winkel“ der durch die Antetorsion des Schenkelhalses höher erscheint, als er reell ist. Um den reellen Winkelwert berechnen zu können, ist eine zusätzlichen Röntgenaufnahme nach Rippstein und Müller und darauf die Vermessung des projizierten Antetorsions-Winkels nötig (Tönnis & Legal, 1984).

Der Instabilitätsindex nach Reimers, im Englischen als „migration percentage“ bezeichnet, beurteilt die Tiefeinstellung des Hüftkopfes bzw. dessen Überdachung und ist unabhängig von der Beckendrehung, sowie von Innen- und Außenrotation des Femur (Tönnis & Legal, 1984).

Der Pfannenneigungswinkel zur Horizontalebene nach Ullmann und Sharp beschreibt die Neigung der gesamten Hüftpfanne in der Frontalebene. Bei stärkeren Hüftdysplasien und Luxationen älterer Kinder muss aufgrund der starken Verformung des Beckens dazu die Längsachse des Beckens als Bezug für die Horizontale dienen (Tönnis & Legal, 1984).

Der optimale Zeitpunkt für die erste radiologische Nachkontrolle ist weiterhin Gegenstand der wissenschaftlichen Diskussion. Viele Autoren sehen den geeignetsten Zeitpunkt erst nach Beginn des freien Laufens (Dornacher et al., 2010; Mittelmeier et al., 1998; Tönnis, 1976; Utzschneider et al., 2016). Gründe hierfür sind die schädliche Strahlenbelastung, sowie die eindeutige Überlegenheit des

Ultraschalls bei der Darstellung der kindlichen Strukturen am Hüftgelenk (Hefti et al., 2008). Zudem sagt Graf selbst, dass das Röntgenbild dem Sonogramm im ersten Lebensjahr um ca. 4 -6 Wochen nachhängt (Graf et al., 2006, S. 172). Nach dem ersten Lebensjahr ist die Sonographie durch die beginnende Verknöcherung des Femurkopfkerns nur noch schlecht möglich, sodass die a.p.-Röntgenaufnahme beider Hüften ab dann die Standardmethode zur Überwachung dysplastischer Hüften wird (Dornacher et al., 2010; Mittelmeier et al., 1998; Tönnis, 1976; Utzschneider et al., 2016). Nur wenige und vor allem ausländische Autoren vertreten weiterhin ein früheres Röntgen der kindlichen Hüfte bereits nach ca. 6 Monaten (Gwynne Jones et al., 2006).

Für die Einteilung der Hüftkopfnekrosen, welche auch als avaskuläre Nekrosen bezeichnet werden, gibt es ebenfalls unterschiedliche Klassifikationen (Kalamchi & MacEwen, 1980; Tönnis & Legal, 1984). Diese Arbeit beruft sich auf die Einteilung nach Tönnis, welche eine erstgradige Nekrose nicht zu den eigentlichen Hüftkopfnekrosen zählt, da diese in der Mehrzahl der Fälle von selbst ausheilt. Eine Nekrose zweiten Grades bildet die Grenze, da auch sie ein relativ großes Selbstheilungspotential aufweist und sich somit in der Regel ohne weitere Therapie selbstständig zurückbildet, allerdings auch zu einer dauerhaften Kopfabplattung führen kann (Tönnis & Legal, 1984, S. 208 f.). Da sie strenggenommen die Grenze zum Pathologischen darstellt, wurde sie für die Auswertung der vorliegenden Arbeit trotzdem mit zum Prozentsatz der aufgetretenen Nekrosen gerechnet.

Daneben gibt es noch die Einteilung nach Kalamchi, die auf Veränderungen der Hüftkopfepiphyse basiert. Sie unterscheidet wie auch Tönnis 4 Schweregrade. Grad 1 weist einzig einen Defekt des Hüftkopfkerns auf, Grad 2 beschreibt eine zusätzliche Schädigung der seitlichen, Grad 3 der mittleren Epiphysenzone und Grad 4 umfasst die totale Schädigung der Epiphyse (Kalamchi & MacEwen, 1980). Diese Klassifikation wurde beispielsweise von Placzek et al. verwendet (Placzek et al., 2013). Roposch et al. haben für ihre Studie die Einteilung nach Buchholz und Ogden verwendet, welche sich auf die Gefäßversorgungsgebiete des Hüftkopfes und die Folgen einer partiellen bzw. kompletten Ischämie dieser Gebiete bezieht (Tönnis & Legal, 1984, S. 212).

Eine ergänzende Möglichkeit der Analyse wäre der Abgleich der im Verlauf gemessenen Winkel im Ultraschall mit der Reifungskurve des alpha-Winkels nach Tschauner et al. (Tschauner et al., 1994).

Damit könnte eine abnormale Entwicklung bereits frühzeitig erkannt und auf Korrelation mit einem späteren Therapieversagen getestet werden.

Weiter wäre es auch sehr interessant zu prüfen, ob ein Zusammenhang zwischen verzögertem Auftreten des Hüftkopfkerns und der späteren Entwicklung einer Hüftkopfnekrose besteht, denn bereits Salter beschrieb „kein Sichtbarwerden des Hüftkopfkerns für über ein Jahr nach Reposition“ als eines seiner 5 diagnostischen Kriterien für eine Hüftkopfnekrose (Salter et al., 1969). Jerosch et al. konnten hierzu zeigen, dass der Kopfkern bei 95 Prozent gesunder Kinder bis zum 7. Lebensmonat sonographisch sichtbar war. Dahingegen sei die Kopfkernentwicklung bei Kindern mit einer Hüft dysplasie um 1 bis 2 Monate verzögert (Jerosch et al., 1991).

Diverse Quellen konnten ein signifikant höheres Auftreten von Hüft dysplasien und Luxationen bei Mädchen zeigen (Delaney & Karmazyn, 2011; Lange et al., 2014; Partenheimer et al., 2006).

Die luxierten Hüften der hier vorliegenden Arbeit fanden sich gleichermaßen in 81,8 % bei weiblichen Patienten. Das damit gefundene Verhältnis weiblich zu männlich luxierter Hüften von 4,6 : 1 kommt nicht ganz an das von Ortiz-Neira et al. für dysplastische Hüften beschriebene von 7 : 1 heran (Ortiz-Neira et al., 2012).

Bezüglich der Seitenverteilung wird die linke Hüfte als anfälliger gesehen, da sie näher an der mütterlichen Wirbelsäule liegt und folglich schlechter abduziert werden kann (Delaney & Karmazyn, 2011). Die hier vorliegende Auswertung bestätigt diese Annahme mit einem Verhältnis von 1,3 : 1 linker zu rechter Hüften.

Mit über 68 % wies der Großteil der analysierten Hüftluxationen einen Typ IIIa nach Graf auf. Graf-Typ IV Hüften mit einem nach medio-kaudal verdrängten Erker konnten bei knapp 30 % der Hüften festgestellt werden. Typ IIIb-Hüften nach Graf waren mit 3 % insgesamt sehr selten. Diese Typen-Verteilung entspricht in etwa den Angaben der Literatur (Dornacher et al., 2010; Seidl, Lohmaier, et al., 2012; Utzschneider et al., 2016)

Die Frage, ob Frühgeburtlichkeit einen Risikofaktor für das Auftreten von Hüftreifungsstörungen darstellt, taucht immer wieder auf (Orak et al., 2015). Eine britische Studie dazu konnte kein höheres Risiko für Hüftluxationen bei Geburt in oder vor der 34. SSW. feststellen (Orak et al., 2015). Folglich wurden in der hier vorliegenden Studie keine Informationen zur Frühgeburtlichkeit erhoben.

Schwend et al. fanden in ihrer Analyse zu Patienten mit Hüftreifungsstörungen in den meisten Fällen keinen der bekannten Risikofaktoren (Schwend et al., 2007). Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass die Mehrheit der luxierten Hüften einen alleinigen Risikofaktor aufwies (73 Fälle = 54,1 %). Eine positive Familienanamnese war dabei mit knapp 47 % am häufigsten. Bei n = 40 von insgesamt 135 untersuchten Hüften konnte kein einziger, bei n = 15 Hüften zwei und in 7 Fällen sogar eine Summe von drei Risikofaktoren identifiziert werden. Die beschriebenen 7 Fälle mit 3 Risikofaktoren mussten allesamt mit einer Overhead-Extension vorbehandelt oder sogar offen reponiert werden. Dies macht deutlich, dass bei gleichzeitigem Vorliegen von 3 Risikofaktoren für die Entstehung einer Hüftreifungsstörung mit einer erschwerten Therapie zu rechnen ist, d.h. eine erfolgreiche Reposition mit alleiniger Spreizhosen-Therapie eher unwahrscheinlich ist.

Für alle 7 Fälle mit offener Reposition im 1. Lebensjahr wurde eine erhöhte femorale Antetorsion beschrieben. Diese Fehlstellung kann ohne spezielle Röntgenaufnahme erst während der Operation an der offenen Hüfte entdeckt werden und könnte in Kombination mit anderen Risikofaktoren wie einer Erstgravida und Geburt aus Beckenendlage ein Grund für die bei diesen Hüften fehlgeschlagene konservative sowie geschlossene Reposition darstellen.

N = 10 von 135 Hüften (7,4 %) wurden direkt und ausschließlich mit der „Tübinger-Hüftbeugeschiene“ erfolgreich reponiert. Im Durchschnitt waren diese Hüften bei Therapiebeginn mit 3,3 Wochen deutlich älter als die Patienten, bei denen mit der „Becker-Spreizhose“ begonnen wurde. N = 9 dieser 10 Hüften zeigten einen Graf Typ IIIa. Somit konnte auch eine Typ IV-Hüfte nach Graf erfolgreich mit der „Tübinger-Hüftbeugeschiene“ reponiert werden. Zu diesem Ergebnis kamen auch Kubo et al. in ihrer aktuellen Studie über die „Tübinger-Hüftbeugeschiene“ als Repositions- und Retentions-Orthese (Kubo, Pilge, Weimann-Stahlschmidt, et al., 2018). Bei einem Behandlungsbeginn innerhalb der ersten 6 Lebenswochen konnten sie 95,4% der untersuchten instabilen und luxierten Hüften mit Hilfe der „Tübinger-Hüftbeugeschiene“ zur sonographischen Ausreifung bringen (Kubo, Pilge, Weimann-Stahlschmidt, et al., 2018).

Insgesamt konnten 94,8 % der in der vorliegenden Studie untersuchten luxierten Hüften erfolgreich konservativ, d.h. ohne operativen Eingriff im ersten Lebensjahr, reponiert werden. Davon war die Reposition bei 70% einzig mit Hilfe einer Spreizhose möglich.

Mit zusätzlich nur 7 Fällen einer offenen Reposition im ersten Lebensjahr kann die Annahme, die meisten Hüften könnten konservativ behandelt werden und nur in wenigen Ausnahmen sei eine offene Einstellung nötig, durch die vorliegenden Ergebnisse bestätigt wird.

Der initiale Hüfttyp nach Graf beeinflusst den Erfolg der konservativen Spreizhosen-Therapie signifikant. So sind Typ IV-Hüften nach Graf schwieriger mit einer Spreizhose zu reponieren, als Typ III-Hüften, was der initial gestellten Hypothese entspricht.

Dies bestätigen unter anderem eine Literaturanalyse bewährter und neuer Diagnose- und Therapiemöglichkeiten für kongenitale Hüft dysplasien und -luxationen (Multerer & Doderlein, 2014),

sowie eine aktuelle Studie zum Einsatz der „Tübinger-Hüftbeugeschiene“ als Repositionsorthese (Kubo, Pilge, Weimann-Stahlschmidt, et al., 2018).

Insgesamt lässt sich somit feststellen, dass Spreizhosen sich auch sehr gut zur Reposition von Graf-Typ IV- Hüften eignen und nicht wie bisher angenommen nur zur Reposition leichter Luxationen, bzw. zu deren Retention und Nachreifung oder erst nach frustraner Behandlung mit der Pavlik-Bandage (Sankar et al., 2015) bzw. bei Restdysplasien nach dem 6. Monat zur Anwendung kommen (Gans et al., 2013).

Die hier präsentierten Ergebnisse zeigen, dass die mittlere Therapiedauer bei Therapiebeginn innerhalb der ersten Lebenswoche mit 14,7 Wochen signifikant niedriger war als bei späterem Therapiebeginn. Gleichzeitig war bei diesem sehr frühen Therapiebeginn der konservative Therapieerfolg signifikant höher. Setzt man den Cut-off zum Zeitpunkt der U3, d.h. spätestens in der 6. Lebenswoche, ergibt sich ein noch immer signifikanter Unterschied hinsichtlich der Erfolgsaussichten verglichen mit einem späteren Behandlungsbeginn.

Somit kann die Hypothese, ein möglichst früher Therapiebeginn verkürze die Therapiedauer und verbessere gleichzeitig die Erfolgsaussichten, bezüglich beider Aussagen bestätigt werden.

In der Wissenschaft wird seit Jahren über den besten Zeitpunkt für das Hüftultraschall-Screening diskutiert, dennoch herrscht noch immer Uneinigkeit (Farr et al., 2008). Pädiater und Orthopäden plädieren bereits seit Langem für eine zweizeitige Lösung, welche einen ersten Schall gleich nach Geburt und eine weitere Kontrolle nach 4 bis 6 Wochen vorsieht (Farr et al., 2008; Thallinger et al., 2014; Tschauner et al., 2011). Die Kostenträger wehren sich nach wie vor gegen eine derartige Umsetzung und gleichzeitig fürchten viele Seiten dadurch eine „Überbehandlung“ mit dem zusätzlichen Risiko einer Hüftkopfnekrose (Delaney & Karmazyn, 2011; Ihme et al., 2008; Sampath et al., 2003; Thallinger et al., 2014), da in den ersten Wochen die Selbstheilungstendenz als sehr hoch gilt (Dwan et al., 2017). Laut Ihme et al. würden bei 27% der Neugeborenen physiologisch unreife Hüften vorliegen, die jedoch im Verlauf in 90 % der Fälle spontan ausheilen (Ihme et al., 2008).

Im Jahr 2014 gab es erstmals den Versuch mit Hilfe eines neuen Winkels im Ultraschallbild, die Entwicklung des Pfannendachs vorherzusagen, um so eine Überbehandlung der physiologisch unreifen Hüften zu minimieren (Yavuz et al., 2014). Der Versuch von Sampath, Babys mit klinisch stabilen, aber dysplastischen Hüften erst nach 2-wöchigem Abwarten mit einer „Pavlik-Bandage“ zu schienen, führte laut deren Ergebnissen bei regelmäßigen klinischen und sonographischen Kontrollen nicht zu höheren operativen Fallzahlen (Sampath et al., 2003). Auch Farr et al. finden gleich gute Ergebnisse für ein generell zweizeitiges Screenings und die in Deutschland praktizierte Variante (Farr et al., 2008).

Durch das Nach-hinten-Verschieben des gesetzlich festgelegten Screenings in die Früherkennungsuntersuchung U3 erhoffte man sich durch die gewonnene Zeit für die weitere Hüftreifung einen Rückgang der kontrollbedürftigen Untersuchungsbefunde (Lange et al., 2014).

Laut Ihme et al. liegt mit dem deutschen Hüftultraschall-Screening die Rate an ersten operativen Eingriffen bei 0,26/1000 Lebendgeburten (Ihme et al., 2008). Diese Zahl hat sich im Vergleich zu vor der Zeit des Screenings um ein Fünftel reduziert und ist wesentlich niedriger als bei anderen Programmen (Ihme et al., 2008; Wirth et al., 2004). Auch ihre Daten liefern keinen Anhalt dafür, das Screening auf die erste Lebenswoche vorzuverlegen. Vielmehr sollte der vorgesehene Zeitpunkt noch strenger eingehalten werden und die Qualität des Schalls steigen.

Dahingegen sprechen die Ergebnisse anderer Arbeiten wiederum für eine frühzeitige Diagnosestellung aller Neugeborenen im Alter von 3 bis 10 Tagen (Lange et al., 2014; Tschauner et al., 2011). Eine Studie über das österreichische Screeningprogramm zeigt zudem, dass durch ein

zweimaliges Kontrollieren der Hüften sowohl Krankenhausaufnahmen, als auch die Anzahl an nötigen offenen Repositionen und Becken-Operationen deutlich abnahmen (Thallinger et al., 2014).

Diese Kohortenanalyse ist hinsichtlich des Studiendesigns und der Ergebnisse in weiten Teilen vergleichbar mit der von Tschauner durchgeführten Studie zu den Auswirkungen des Hüftscreenings auf früh-behandelte dezentrierte Hüftgelenke (Tschauner et al., 2011). Zwar wurden dort 3 unterschiedliche Gruppen mit und ohne Hüftultraschall hinsichtlich ihrer Ergebnisse miteinander verglichen, jedoch auch nur im 1. Lebensjahr diagnostizierte und anbehandelte Hüften eingeschlossen. Sie fanden dabei, genau wie die vorliegende Arbeit, dass früh, d.h. vor der 6. Woche, therapierte Hüften eine höhere Rate an erfolgreicher konservativer Therapie zeigen und weniger offene Repositionen sowie Hüftkopfnekrosen aufweisen.

Bereits Becker schrieb der „Neigung zur Selbstheilung“ bei der Entwicklung der Hüften eine entscheidende Rolle zu (Becker, 1969). Von ihm durchgeführte Untersuchungen zeigten eine Spontanheilung bei 25% der Säuglingsdysplasien. Diese Selbstheilungsneigung ist laut Becker umso stärker wirksam, je jünger der Patient ist, da die betroffenen Gelenke dann noch stärker verformbar und somit entwicklungspotenter sind (Becker, 1969). Frühe Studien aus der Mitte des 20. Jahrhunderts unterstützen diese Theorie mit teilweise 100%-iger Heilungsrate bei Spreizbehandlung von Neugeborenen innerhalb der ersten 3 Lebenswochen, da sich in diesem Zeitraum noch keine Adduktorenkontraktur ausbilden konnte (Chiari, 1953; Schultheiss, 1965; von Rosen, 1959). Graf sieht das optimale therapeutische Zeitfenster innerhalb der ersten 4 Lebenswochen, maximal jedoch bis zur 6. Lebenswoche bei bis dahin extrem hoher Potenz zur knöchernen Ausformung des Pfannendachs (Graf et al., 2006, S. 158) und ist sich dabei mit der Wissenschaft einig (Delaney & Karmazyn, 2011; Matthiessen, 2016; Nelitz & Reichel, 2008; Tschauner et al., 1994). Er schließt aus den von ihm berichteten Fällen, dass eine frühestmögliche Diagnose und konsequente Stadiengerechte Therapie der Schlüssel zu exzellenten Langzeitergebnissen ist (Graf et al., 2006, S. 164).

Die hier präsentierten Ergebnisse verdeutlichen allerdings, dass ein Therapiebeginn innerhalb der ersten 6 Lebenstage einem Therapiebeginn innerhalb der ersten 6 Lebenswochen bezüglich des Therapieerfolgs und der gesamten Therapiedauer nochmals deutlich überlegen ist und stellen den derzeitigen Screening-Zeitpunkt des generellen Hüftultraschalls zur U3 somit erneut in Frage. Ein früherer Screening-Zeitpunkt erscheint sinnvoll und sollte daher erneut debattiert werden.

In ihrer Studie zur „Tübinger-Hüftbeugeschiene“ kommen Seidl et al. ebenfalls zu dem Ergebnis, dass ein generelles U2 Screening die Therapiedauer und –invasivität verringern würde (Seidl, Lohmaier, et al., 2012). Lange et al., sowie Schilt erzielten mit ihren Untersuchungen ähnlich bestärkende Ergebnisse und sprachen sich deshalb gleichermaßen für eine generelle Zweiteilung des Screenings aus (Lange et al., 2014; Schilt, 2001). Ein derartig zwei-zeitiges Screening wird in Österreich bereits durch einen Hüftultraschall kurz nach der Geburt, sowie nach 6 bis 8 Wochen praktiziert (Lange et al., 2014). Thallinger et al. konnten zeigen, dass dadurch sowohl Krankenhausaufnahmen wie auch die Anzahl an offenen Repositionen und Becken-Operationen deutlich gesenkt werden konnten (Thallinger et al., 2014).

Die in der vorliegenden Arbeit gefundene mittlere Therapiedauer weiblicher Hüften lag bei 16,7 Wochen und war damit signifikant niedriger, als bei männlichen Hüften mit einer durchschnittlichen Therapiedauer von 21,2 Wochen. Die Therapiedauer von 16,3 Wochen der Typ IIIa-Hüften nach Graf unterschied sich ebenfalls signifikant von einer durchschnittlichen Behandlungsdauer von 20,0 Wochen bei den Typ IV-Hüften nach Graf.

Bereits Eller und Katthagen fanden in ihrer Studie mit 121 Dysplasie-Kindern aus dem Jahr 1987, dass eine schlechtere Ausgangsdiagnose und ein höheres Alter bei Therapiebeginn die Therapiedauer

signifikant verlängern (Eller & Katthagen, 1987). Die hier vorliegenden Ergebnisse bestätigen diese beiden Aussagen.

Laut einer Studie von Seidl et al. über den Einsatz der „Tübinger-Hüftbeugeschiene“ als Repositionsorthese besteht dagegen kein Zusammenhang zwischen initialem Hüfttyp nach Graf bzw. dem Zeitpunkt des Therapiebeginns und der Therapiedauer (Seidl, Lohmaier, et al., 2012). In deren Arbeit wurde der Repositionserfolg mit entsprechender Orthese bei 50 Hüftgelenken des Graf-Typs IIc instabil und schlechter getestet. Der Therapiebeginn lag dabei in einem sehr schmalen Zeitfenster zwischen 1. und 8. Lebensjahr (Seidl, Lohmaier, et al., 2012).

Die in dieser Studie dargestellten Ergebnisse zeigen einen zu Beginn häufig noch schwankenden AC-Winkel, der sich dann allerdings im Laufe der Entwicklung auf einen nahezu normalen Wert zwischen 10 und 20° einpendelt. Vergleicht man die AC-Winkel beider Seiten im Laufalter, zeigt sich ein durchschnittlicher Winkel von 25,4° auf der betroffenen und mit 24,4° (3°-35°) ein unwesentlich differenter Winkel auf der ursprünglich gesunden Seite. Auch im Alter von ca. 4 Jahren finden sich noch immer dysplastische AC-Winkel, die wiederum nur ungefähr ein Grad zwischen beiden Hüftseiten differieren.

Es ergibt sich folglich die Notwendigkeit, auch bei einer ursprünglich einseitigen Hüftreifungsstörung im Verlauf beide Seiten engmaschig zu kontrollieren. Dornacher erklärt dies mit einer genetischen Veranlagung, welche sich bei dysplastischen Hüften findet und folglich auch die Gegenseite gefährden kann (Dornacher et al., 2010). Song et al. bezeichnen dies als „okkulte Dysplasien“ und sprechen sich daher ebenfalls dringend für radiologische Kontrollen beider Hüften bis zum Wachstumsabschluss aus (Song et al., 2008).

Auffallend ist zudem, dass die im Mittel schlechtesten AC-Winkel auf der betroffenen Seite zu beiden Zeitpunkten in der Therapiegruppe mit „offener Reposition“ zu finden waren.

Die Restdysplasie-Rate der betroffenen Hüften in der Laufalter-Kontrolle scheint mit 51,9% recht hoch. Dabei ist allerdings zu betonen, dass in dieser Arbeit bereits ein AC-Winkel vom Grad 2 nach Tönnis als Restdysplasie bezeichnet und nur vollständig luxierte und somit stark vorgeschädigte Hüften untersucht wurden. Zudem wurde ein Großteil der Patienten dem kinderorthopädischen Schwerpunktzentrum der LMU nach auswärts erfolgter Erstdiagnostik zugewiesen, weshalb man dabei von komplizierteren Fällen ausgehen kann.

Eine ähnliche Häufigkeit finden allerdings auch andere Studien, bei denen sowohl dysplastische als auch luxierte Hüften (Dornacher et al., 2010; Kubo, Pilge, Nepp, et al., 2018; Utzschneider et al., 2016) bzw. eine Behandlung mit der Pavlik-Bandage (Zajonz et al., 2015) nachuntersucht wurden. Placzek et al. fanden in ihrer Veröffentlichung 40,7% pathologische AC-Winkel nach geschlossener Reposition und bezog sich dabei nur auf die Restdysplasie-Grade 3 und 4 nach Tönnis (Placzek et al., 2013).

Wird eine Restdysplasie in der radiologischen Laufalterkontrolle festgestellt, wie es bei 30-50% Prozent der abermals sonographisch ausgereiften Hüften der Fall ist (Heimkes, 2013; Utzschneider et al., 2016), stellt dies einen reinen Warnhinweis dar. Der Großteil, laut Tönnis 40% (Tönnis, 1997), dieser noch immer dysplastischen Hüften wird sich noch spontan bessern und zu sowohl klinisch wie auch radiologisch physiologischen Hüften im Erwachsenenalter ausreifen (Ziegler et al., 2006).

In der Kontrolle mit ca. 4 Jahren konnten nur n = 28 der 106 Hüften aus dem Laufalter radiologisch nachkontrolliert werden, was die prozentuale Angabe verzerrt. Zu diesem Zeitpunkt betrug der Anteil dysplastischer Hüften 55,6%.

Von n = 24 luxierten Hüften konnte eine erste Röntgen-Aufnahme im Laufalter und eine weitere Aufnahme mit ca. 4 Jahren erstellt werden. Somit konnten nur diese n = 24 Hüften im Verlauf verfolgt und miteinander verglichen werden. Dabei nahm die Restdysplasierate in der „Spreizhosen-

Therapiegruppe“ und der Gruppe mit darauffolgendem „Wechsel auf Overheadextension“ ab, blieb in der Gruppe mit „offener Reposition“ über die Jahre konstant und verschlechterte sich minimal bei den Hüften mit „direkter Overheadextension“.

Damit zeigt die vorliegende Arbeit eine im Durchschnitt leichtgradige initiale Befundbesserung vom Laufalter bis zum 4. Lebensjahr. Die im Verlauf rückläufige Restdysplasierate bestätigt die initiale Hypothese, sowie Tönnis und Zieglers Annahme (Tönnis, 1997; Ziegler et al., 2006). Sie spiegelt außerdem die mittelfristigen Ergebnisse nach Ausreifung instabiler Hüften mit der „Tübinger-Hüftbeugeschiene“ von Kubo et al. wider (Kubo, Pilge, Nepp, et al., 2018). Auch Dornacher beschrieb für seine Kohorte von 72 Kindern mit Hüftdysplasien eine signifikante Besserung des AC-Winkels bis zum 3. Lebensjahr (Dornacher et al., 2013).

Tönnis und Trede untersuchten bereits 1970 die Wirkung der Becker-Spreizhose auf den Pfannendach-Winkel nach Hilgenreiner. Sie kamen darauf, dass sich bei Therapie mit der Becker-Hose im ersten Lebensjahr die meisten Dysplasien innerhalb von 3 Monaten bessern. Insgesamt sind sie der Ansicht, dass sich eine Pfannendysplasie in fast allen Fällen und selbst bei schweren Ausgangsbefunden innerhalb von 3 bis 4 Monaten bis zur Norm bessert. Gegen Ende des ersten Lebensjahrs nimmt ihrer Meinung nach die Wirkung zur Selbstbesserung schon wieder deutlich ab und ist mit 1 ¼ Jahren bereits sehr gering. Diese Analysen stammen allerdings aus einer Kohorte mit ausschließlich dysplastischen und subluxierten Hüften (Tönnis & Trede, 1970).

Die hier vorgelegten Ergebnisse zeigten keinen Einfluss des Alters bei Therapiebeginn auf die Entwicklung einer Restdysplasie. Zum selben Schluss kamen Tönnis und Trede bereits in ihrer Arbeit aus dem Jahr 1970 (Tönnis & Trede, 1970).

Wie Dornacher und Utzschneider et al. für Hüftdysplasien, konnte diese Studie, die einzig Hüftluxationen einschloss, keinen Zusammenhang zwischen dem initialen Hüfttyp nach Graf und der Entstehung bzw. Schwere einer Restdysplasie finden (Dornacher et al., 2010; Utzschneider et al., 2016). Auch Sucato et al. konnten keine Korrelation zwischen frühem Ultraschallbefund und einer späteren Restdysplasie finden (Sucato et al., 1999).

Ebenfalls ergab sich in der hier untersuchten Kohorte kein signifikanter Zusammenhang zwischen Therapiegruppe und Restdysplasie-Rate. Andere Studien über spät-diagnostizierte Fälle von Hüfttreifungsstörungen fanden dahingehend sogar bessere radiologische Ergebnisse für Kohorten mit kürzerer Dauer der Zugbehandlung und häufigeren offenen Repositionen (Terjesen & Horn, 2015).

Für die Entstehung einer Restdysplasie gibt es 2 gängige Erklärungen. Die eine besagt, dass die Hüftluxation selbst Ursache für die Entstehung einer Pfannendysplasie, d.h. Dysplasie des Acetabulums, ist (Graf, 1997; Mittelmeier et al., 1998). Folglich, so zeigt auch Bin et al. in seiner Studie über den kurzen aber gezielten Einsatz der Pavlik-Bandage (Bin et al., 2014), bilde sich diese spontan zurück, sobald die Hüfte ordentlich ins Gelenk reponiert wurde. Die andere Theorie betrachtet eine dysplastische Pfanne als ursächlich und ist der Überzeugung, dass die Dysplasie eine Hüftluxation fördere (Tönnis & Trede, 1970). Eine Entlastung des Pfannenerkers durch längeres Abspreizen über zwei oder mehr Monate, soll zur Ausreifung der Pfanne und besseren Entwicklung des Pfannendachs führen und so Reluxationen verhindern (Tönnis & Trede, 1970).

Nehmen wir diese Annahme als Grundlage, müsste das heißen, dass umso weniger Restdysplasien vorliegen sollten, je länger eine Spreizhose getragen wurde.

In dieser Arbeit konnte jedoch kein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden zwischen einer Therapiedauer mit der Becker-Spreizhose von unter oder über 3 Monaten und einer Restdysplasie im Laufalter. Folglich muss die erste Theorie bestätigt und davon ausgegangen werden, dass eine luxierte Hüfte die Grundlage für die Entstehung einer Restdysplasie bildet, allerdings keinesfalls zwangsläufig dazu führen muss. Einzig die erfolgreiche Reposition bzw. stabile

pfannendachentlastende Hüftkopfeinstellung und nicht die Dauer der Abspreizbehandlung sind ausschlaggebend für die Ausheilung der Restdysplasie.

Mit $n = 8$ diagnostizierten Hüftkopfnekrosen im Laufalter zeigt diese Studie wie zu Beginn angenommen eine sehr geringe Rate an avaskulären Nekrosen.

Was das Auftreten einer Hüftkopfnekrose betrifft, zeigten die hier vorgelegten Ergebnisse wiederum keinen Zusammenhang zwischen initialem Hüfttyp nach Graf und dem Auftreten einer Hüftkopfnekrose in der radiologischen Laufalterkontrolle. Tönnis Aussage, der Anteil an Hüftkopfnekrosen sei bei schweren Luxationen höher und IIIB-Hüften nach Graf seien am häufigsten von Nekrosen betroffen (Tönnis, 2009), kann somit nicht bestätigt werden. Gleiches gilt für die Ergebnisse einer aktuellen deutschen Studie zur Behandlung mit der Pavlik-Bandage, welche mehr Hüftkopfnekrosen bei Typ IV-Hüften nach Graf fand (Zajonz et al., 2015).

Kalamchi fand in einer Studie von 1980 besonders schwere Formen der avaskulären Nekrose vor allem bei Kindern, die zwischen 0 und 6 Monaten behandelt wurden (Kalamchi & MacEwen, 1980). Kruczynski dagegen zählte mehr Hüftkopfnekrosen bei Kindern mit Behandlungsbeginn nach dem 6. Monat (Kruczynski, 1996). Die hier gezeigten Ergebnisse hingegen zeigen keinen Einfluss des Alters bei Therapiebeginn auf das Auftreten einer Hüftkopfnekrose und stimmen folglich mit Tönnis Aussage überein, das Alter sei bei modernen schonenderen Methoden der Reposition nicht allein ausschlaggebend für die Entstehung einer Nekrose (Tönnis & Legal, 1984).

Mehrere unabhängige Studien kamen zu dem Schluss, dass eine vorangehende Zugbehandlung, wie die Overhead-Extension, die Inzidenz der schweren Hüftkopfnekrose-Formen reduziere (Kalamchi & MacEwen, 1980; Kaneko et al., 2013; Kruczynski, 1996). Auch die hier vorgestellten Ergebnisse zeigen einen signifikanten Einfluss der Therapiegruppe auf die Entstehung einer Hüftkopfnekrose.

So zeigte die mit „direkter Overhead-Extension“ behandelte Gruppe genau wie die Gruppe mit konservativer „Spreizhosen-Therapie“ keine relevante Nekrose in der radiologischen Laufalterkontrolle. Somit widerspricht diese Studie ganz klar den Empfehlungen von Graf und Tönnis, welche die „Becker-Spreizhose“ aufgrund ihrer Zwangseinwirkung auf die Hüfte und dem damit einhergehenden erhöhten Risiko für Hüftkopfumbaustörungen als Repositionsorthese ablehnen (Graf, 1997; Tönnis & Legal, 1984). Becker selbst hatte mit seiner frühen Annahme von 1969 offenbar Recht, als er nicht die Lorenz-Stellung selbst, sondern ein zu rasches gewaltsames Zwängen in diese für die hohen Raten an Hüftkopfnekrosen verantwortlich machte. Er fand damals 2,9 % aseptische Hüftkopfnekrosen bei der Behandlung mit seinem „Spreizhöschen“ (Becker, 1969). Allerdings muss hierzu angefügt werden, dass die „Becker-Spreizhose“ in der Kinderorthopädie der LMU München und damit ebenfalls bei den für diese Studie relevanten Patienten mit einer maximalen Abspreizung von 70° und somit nicht mit der in Verruf geratenen „Froschstellung“ von 90° Abduktion angelegt wurde.

Die höchsten Hüftkopfnekroseraten fanden sich in der hier vorliegenden Arbeit in den beiden Therapiegruppen „Wechsel auf Overhead-Extension“ und „offene Reposition“. Die letztgenannte Gruppe wies in dieser Auswertung die signifikant höchste Nekroserate auf, was gleichermaßen bei den Ergebnissen von Kaneko et al. der Fall war (Kaneko et al., 2013). Diesen Ergebnissen folgend, könnte man mutmaßen, dass die mit Spreizhosen behandelten, die allgemein „benignen“ Hüften sind und daher im Verlauf keine Nekrosen entwickeln.

Die Hüften mit „Wechsel auf Overhead-Extension“ bringen dagegen eher malignes Potential für die weitere Entwicklung mit sich, weshalb sie auch nicht konservativ zu reponieren waren. Ein operativer Eingriff, birgt für die kindlichen Hüften laut dieser Studie das höchste Risiko für die Entwicklung einer Hüftkopfnekrose.

Tönnis und Legal fanden in ihrer Arbeit aus dem Jahr 1984, dass die Dauer der Abspreizung keinen Einfluss auf die Entstehung einer Hüftkopfnekrose hat, da diese wenn überhaupt innerhalb der ersten Stunden und Tage nach Reposition entstünde (Tönnis & Legal, 1984). Die hier vorliegenden Ergebnisse bestätigen diese Aussage.

Eine neuere Studie über den Einfluss von Hüftkopfnekrosen auf die Restdysplasierate findet eine hemmende Wirkung der Nekrose auf die Ausreifung des Pfannendachs mit signifikant höheren AC-Winkeln bei von Hüftkopfnekrose betroffenen Hüften (Roposch et al., 2013). In der beschriebenen Analyse von Roposch et al. wurden die AC-Winkel im Alter von 14 Jahren von 118 ursprünglich luxierten und mit geschlossener oder offener Reposition therapierten Hüften bei normalen und nekrotischen Hüften verglichen. Für die Feststellung einer Hüftkopfnekrose wurde dabei die Einteilung nach Buchholz und Ogden verwendet, welche auf der Gefäßversorgung und den Folgen einer partiellen oder kompletten Ischämie des Hüftkopfes basiert (Roposch et al., 2013).

Die statistischen Tests der hier präsentierten Arbeit fanden keine Wechselwirkung zwischen Hüftkopfnekrose und Restdysplasierate. Dazu wurden jedoch nicht, wie in oben genannter Studie, die mittleren AC-Winkel der Gruppen mit und ohne Hüftkopfnekrose miteinander verglichen.

Hüften mit nachgewiesener Restdysplasie oder Hüftkopfnekrose sollten bis zum Wachstumsabschluss weiterhin im Ein- bis Zweijahresabstand radiologisch kontrolliert werden (Kubo, Pilge, Nepp, et al., 2018; Utzschneider et al., 2016). Zeigt sich vor Schulbeginn ein noch immer altersbezogen pathologischer Acetabulumwinkel oder gar eine erneut dezentrierte Hüfte, ist eine Korrektur mittels Beckenosteotomie indiziert (Heimkes, 2013).

Bis zum jetzigen Zeitpunkt mussten sich im untersuchten Kollektiv nur 4 Hüften im weiteren Verlauf einer Beckenosteotomie unterziehen. Klare Ursachen für die Notwendigkeit einer sekundären Operation konnten nicht gefunden werden. 3 der 4 Fälle zeigten initial jedoch einen Graf-Typ IV und allesamt wiesen einen relativ späten Therapiebeginn vor. N = 3 der 4 Hüften stammten aus der Therapiegruppe mit „Wechsel auf Overhead-Extension“ nach frustrierender Behandlung mit der Becker-Spreizhose und stellten somit offensichtlich komplizierte Fälle dar.

Die hier gefundene Rate an sekundären Beckenosteotomien ist weit niedriger als die von Nakamura et al. berichteten 16,9 % (Nakamura et al., 2007) und bestätigt die anfänglich gestellte Annahme, dass nur die wenigsten Hüften eine sekundäre Operation aufgrund einer fortbestehenden Restdysplasie benötigen. Bei einem Untersuchungszeitraum von 9 Jahren entstehen automatisch unterschiedliche Follow-up Zeiten für die Patienten, sodass bisher allerdings noch nicht alle Hüften bis zur Pubertät nachverfolgt werden konnten.

Auch eine multizentrische, randomisierte, kontrollierte Studie aus Großbritannien und Irland über die Vorteile der Ultraschall-gestützten Diagnose konnte zeigen, dass selbst bei „state of the art“-Therapie der angeborenen Hüftreifungsstörung mit Diagnose innerhalb der ersten 6 Wochen späte operative Eingriffe nicht auszuschließen sind. Dazu wurden insgesamt über 600 klinisch instabile Hüften nach 2 Jahren radiologisch nachuntersucht (Elbourne et al., 2002).

Limitierende Faktoren dieser Studie sind vor allem dem Studiendesign einer retrospektiven Kohortenanalyse geschuldet, da eine direkt vergleichbare Kontrollgruppe fehlt.

Gleichzeitig kann ein mögliches „selection bias“ bei der Auswahl der Patienten nicht ausgeschlossen werden. Dies ist erstens durch den rückwirkenden Einschluss der Fälle und zweitens durch die Auswahl von Patienten eines Schwerpunktzentrums zu erklären. An einem Schwerpunktzentrum wie der Kinderorthopädie an der LMU München ist das Patientengut sehr inhomogen, da dort „normal kranke“ Patienten auf „schwere“ bzw. „komplizierte“ Fälle treffen, welche nach andernorts erfolgter Erstuntersuchung bzw. Anbehandlung zur weiteren Diagnostik und Therapie dem

Schwerpunktzentrum zugewiesen werden. Aus diesem Grund ist davon auszugehen, dass es sich bei den dort behandelten Patienten nicht um eine bevölkerungsgleiche Kohorte handelt. In diese Arbeit wurden $n = 29$ auswärts vorbehandelte Fälle eingeschlossen.

Die sekundäre Zuweisung von außen bzw. das dadurch inhomogene Patientengut erklärt die große Spannweite des Alters bei Therapiebeginn. Dies wurde allerdings in die Auswertung mit einbezogen und so konnte in der hier vorliegenden Studie der Therapieerfolg in Abhängigkeit vom Alter bei Therapiebeginn analysiert werden.

Weiterhin konnten auch in dieser Studie nicht alle ursprünglich erhobenen Fälle ausreichend lange nachkontrolliert werden, sodass bei der Laufalter-Kontrolle nur $n = 106$ der ursprünglich 135 Hüften radiologisch nachuntersucht werden konnten. Im Alter von 4 Jahren waren es nur noch $n = 26$ Hüften.

Bezüglich der Therapiegruppen stellt sich die Frage, warum bestimmte Fälle direkt mit der „Tübinger-Schiene“ behandelt wurden und andere eine Kombination aus „Becker-Spreizhose“ und „Tübinger-Schiene“ erhalten hatten. Dies lässt sich nachträglich schwer beantworten. Sicherlich hatte die jeweilige Beuge-Spreiz-Methode mit dem individuellen Therapiestil und der Erfahrung des jeweils behandelnden Oberarztes zu tun.

Für den Therapieerfolg einer „ambulant geführten Selbstreposition mittels Spreizhose“ spielt die Compliance der Eltern eine entscheidende Rolle. Dabei ist das ständige sowie korrekte Anlegen der jeweiligen Spreizhose von enormer Bedeutung. Dies verlangt den Eltern neben dem initialen Verständnis der Funktion der Spreizhose, praktische Fähigkeiten beim Anlegen und vor allem viel Geduld mit ihrem Kind ab. Aus diesen Gründen kann nicht in jedem Fall von einem ständigen Tragen der Abspreizorthese in ambulanter, häuslicher Umgebung ausgegangen werden. Dies führt zu einer Verzerrung und somit Ungenauigkeit der Behandlungsdauer.

Die Erfolgskontrolle der verschiedenen Therapieverfahren erfolgte in dieser Studie einerseits über die klinische Beurteilung und andererseits anhand von Strecken- und Winkelmessungen in Sonogrammen und Röntgenbildern. Da die klinische Beurteilung subjektiv vom Untersucher abhängt und schwer zu quantifizieren ist, wurde sich für die Auswertung auf Messungen konzentriert.

Seidl et al. propagierten in ihrer Studie zur Tübinger-Hüftbeugeschiene jedoch, dass die Messabweichung des alpha-Winkels im Hüftsonogramm bis zu $4,69^\circ$ betragen kann und empfehlen folglich ein Absetzen der Schienenbehandlung erst ab einem Winkel von $>64^\circ$ (Seidl, Lohmaier, et al., 2012). Niethart und Roesler behaupten sogar, dass die alleinige Messung geometrischer Daten im Röntgenbild und Sonogramm keine Trennung zwischen normalen und pathologischen Hüftgelenken bei Kindern erlaubt. Eine fehlerhafte Durchführung der Messung in Kombination mit einer begrenzten Genauigkeit des Verfahrens bei der Markierung von Punkten, dem Einzeichnen von Linien und dem Ausmessen von Winkeln führen ihren Ergebnissen nach zu großen Abweichungen bei Winkelmessungen. Sie kommen daher zu dem gewagten Schluss, Messungen wären nicht exakter und zuverlässiger, als die rein qualitative Beurteilung der Aufnahmen anhand knorpeliger und knöcherner „Erkerdiagnostik“ (Niethard & Roesler, 1987).

Auch Matthiessen beklagt in seiner Veröffentlichung eine zunehmend mangelhafte Qualität der Hüftgelenksonographie durch inadäquate Durchführung und fehlerhafte Interpretation. Er sieht den Grund in der unzureichenden Ausbildung von Assistenzärzten (Matthiessen, 2016). Die in dieser Arbeit verwendeten Winkelmessungen an Sonogrammen wurden stets durch einen Facharzt der Kinderorthopädie validiert und schwierige Röntgenbilder mit Prof. Dr. Utzschneider besprochen.

Ein weiteres Problem stellt eine fehlerhafte Röntgenprojektion der knöchernen Strukturen dar, was bei der Vermessung des Hüftgelenkes zu einer fehlerhaften Konstruktion von Strecken und Winkel führen kann (Idelberger & Frank, 1952; Niethard & Roesler, 1987). So zeigten Idelberger und Frank

bereits in den 50er Jahren auf, dass der im Röntgenbild sichtbare laterale Pfannenrand keineswegs als dieser anzusehen ist, da hier nur die Abbruchkante der dachbildenden Iliumfläche sichtbar wird, der vordere Pfannenrand als solcher jedoch unsichtbar bleibt und sich in der Spongiosa des Iliumkernes verliert. Im Rahmen der Bestimmung des AC-Winkels ist der Bezugspunkt des Pfannenrandes daher etwas dorsal vom Übergang, an dem der Beckenkamm in den Pfannenrand übergeht, zu wählen (Idelberger & Frank, 1952). Dornacher et al. fanden in ihrer Studie für die AC-Winkel-Messung auf Laufalter-Röntgenbildern allerdings eine ausreichende Intra- und Interobserver-Reliabilität, betonen dabei aber die Wichtigkeit der korrekten Lagerung des Patienten und genauen Markierung von Orientierungspunkten (Dornacher et al., 2008).

Röntgenbilder mit lagerungsbedingten Verdrehungen und Verkippungen des Beckens wurden in dieser Arbeit bestmöglich durch die beschriebenen Indizes herausgefiltert und in Folge nicht vermessen.

7. ZUSAMMENFASSUNG

Die angeborene Hüftreifungsstörung ist aufgrund ihrer hohen Inzidenz und der ohne adäquate Behandlung gravierenden Folgen ein Dauerbrenner des wissenschaftlichen Diskurses. Trotz des von R. Graf entwickelten Ultraschall-Screenings mit sich daraus ergebendem Therapieregime sind Screeningmethoden und –zeitpunkt weltweit weiterhin genauso vielfältig wie die eingesetzten Therapieverfahren.

Ziel der hier vorliegende Studie war es, unterschiedliche Repositionsmethoden für kongenitale Hüftluxationen anhand mittelfristiger Therapieergebnisse klinisch und radiologisch zu vergleichen, um eine zurzeit noch fehlende Therapieempfehlung für die kongenitale Hüftluxation möglich zu machen. Die Erfolgsrate der einzelnen Repositionsmethoden, mit speziellem Fokus auf die „Becker-Spreizhose“ als Repositions-Orthese, war dafür einer der primären Zielparameter.

In einer retrospektiven Studie wurden luxierte Hüften der Graf-Typen IIIa, IIIb und IV untersucht, welche im Zeitraum 2004-2012 im ersten Lebensjahr in der Kinderorthopädie der LMU München diagnostiziert und therapiert wurden.

Das untersuchte Kollektiv bestand aus 110 Patienten mit 135 luxierten Hüften (n = 111 weiblich, n = 24 männlich; n = 76 linke Hüfte luxiert, n = 59 rechte Hüfte luxiert). Darunter befanden sich n = 92 Typ IIIa, n = 4 Typ IIIb und n = 39 Typ IV-Hüften nach Graf. Das durchschnittliche Alter bei Therapiebeginn lag bei knapp 5 Wochen [0-27 Wo (min-max; SD 5,57 Wo)]. Bei insgesamt 135 Luxationen wurde in 63 Fällen eine positive Familienanamnese und in 35 Fällen eine Geburt aus Beckenendlage und anamnestisch festgestellt werden.

N = 117 von 135 luxierten Hüften wurden primär mit einer Spreizhose therapiert (n = 82 mit „Becker-Spreizhose“, n = 25 mit einer Kombination aus „Becker-Spreizhose“ und „Tübinger-Hüftbeugeschiene“, n = 10 mit „Tübinger-Hüftbeugeschiene allein), n = 18 Hüften wurden direkt in die „Overhead-Extension“ gehängt und bei n = 35 Hüften wurde aufgrund persistierender Luxation trotz über 2 Wochen dauerhaft getragener Spreizhose auf eine „Overhead-Extension“ gewechselt. Mittels Spreizhose konnten n = 82 der 117 Hüften (= 70,1%) erfolgreich zur kompletten sonografischen Ausreifung gebracht werden, davon n = 11 mit initialem Graf-Typ IV. Dabei war der Erfolg der Spreizhosenbehandlung bei Kindern ohne Vorbehandlung, mit Typ IIIa-Hüften nach Graf und Therapiebeginn vor Ende der ersten Lebenswoche am höchsten. Alle 18 Hüften mit direkter und n = 28 von 35 Hüften mit sekundärer „Overhead-Extension“ konnten damit erfolgreich reponiert werden. Nur n = 7 von insgesamt 135 luxierten Hüften mussten im ersten Lebensjahr offen eingestellt werden. Insgesamt konnten somit 94,8 % der untersuchten luxierten Hüften im ersten Lebensjahr erfolgreich konservativ behandelt werden, davon n = 82 mit reiner Spreizhosentherapie. Bei n = 4 wurde nach dem ersten Lebensjahr eine Folgeoperation notwendig.

Die Therapiedauer aller Patienten lag durchschnittlich bei 17,5 Wochen [4-49 Wo (min-max; SD 7,39 Wo)] und war abhängig von Geschlecht, initialem Graf-Typ, Alter bei Therapiebeginn und Therapieregime.

Radiologisch konnten im Laufalter n = 106, im Alter von 4 Jahren n = 28 Hüften nachuntersucht werden. Der AC-Winkel im Laufalter betrug auf der ursprünglich luxierten Seite im Mittel 25,4° [12°-36° (min-max; SD 4,5°)] und befand sich somit knapp über der Grenze zur Restdysplasie (>25°).

Die Entwicklung vom Laufalter bis zum Alter von 4 Jahren konnte in 24 Fällen verfolgt werden und zeigte einen fallenden AC-Winkel und eine insgesamt größtenteils positive Entwicklung bezüglich der Ausreifung der AC-Winkel. Die Entwicklung einer Restdysplasie im Laufalter konnte dabei weder auf den initialen Hüfttyp nach Graf, noch auf den Zeitpunkt des Therapiebeginns oder die Therapiegruppe zurückgeführt werden.

Die Rate an diagnostizierten Hüftkopfnekrosen war mit insgesamt $n = 8$ Nekrosen im Laufalter ($n = 6$ vom Grad 2 und $n = 2$ vom Grad 4) sehr niedrig. Entscheidenden Einfluss auf deren Entstehung hatte einzig die Therapiegruppe, mit signifikant höchster Nekroserate in der Gruppe mit „offener Reposition“.

Diese Arbeit zeigt eindrücklich, dass luxierte Hüften innerhalb des ersten Lebensjahres zum Großteil erfolgreich konservativ mittels Spreizhose reponiert werden können. Diese Art der „ambulant geführten Selbstreposition“ eignet sich somit ausdrücklich auch für Typ IV-Hüften nach Graf.

Mit Spreizhose reponierte Hüften zeigten im weiteren Verlauf vergleichbar gute AC-Winkel und bewiesen sich sicherer als die „Overhead-Extension“ und die „offene Reposition“, bezüglich der Vermeidung von Hüftkopfnekrosen, welche insgesamt äußerst selten diagnostiziert wurden.

Restdysplasien entwickeln sich dagegen unabhängig von initialem Hüfttyp, Zeitpunkt des Therapiebeginns und der eingesetzten Repositionsmethode.

8. LITERATUR

- Albinana, J., Dolan, L. A., Spratt, K. F., Morcuende, J., Meyer, M. D. & Weinstein, S. L. (2004). Acetabular dysplasia after treatment for developmental dysplasia of the hip: implications for secondary procedures. *Bone & Joint Journal*, 86(6), 876-886.
- Barlow, T. G. (1962). Early diagnosis and treatment of congenital dysplasia of the hip. *Journal of Bone & Joint Surgery, British Volume*, 44-B(2), 292-301.
- Baumgart, K. & Mellerowicz, H. (2006). Hüft dysplasie. *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date*, 1(06), 579-598.
- Becker, F. (1969). Die konservative Behandlung der Hüft dysplasie und Hüftverrenkung. *Z. Orthop*, 106, 173-201.
- Bin, K., Laville, J. M. & Salmeron, F. (2014). Developmental dysplasia of the hip in neonates: Evolution of acetabular dysplasia after hip stabilization by brief Pavlik harness treatment. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 100(4), 357-361.
- Carroll, K. L., Murray, K. A., MacLeod, L. M., Hennessey, T. A., Woiczik, M. R. & Roach, J. W. (2011). Measurement of the Center Edge Angle and Determination of the Severin Classification Using Digital Radiography, Computer-assisted Measurement Tools, and a Severin Algorithm: Intraobserver and Interobserver Reliability Revisited. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 31(4), e30-e35.
- Cashman, J. P., Round, J., Taylor, G. & Clarke, N. M. P. (2002). The natural history of developmental dysplasia of the hip after early supervised treatment in the Pavlik harness: a prospective, longitudinal follow-up. *Bone & Joint Journal*, 84(3), 418-425.
- Chen, I.-H., Kuo, K. N. & Lubicky, J. P. (1994). Prognosticating factors in acetabular development following reduction of developmental dysplasia of the hip. *Journal of pediatric orthopedics*, 14(1), 3-8.
- Chiari, K. (1953). Results of the earliest treatment of congenital hip joint luxation. *Arch Orthop Unfallchir*, 45(6), 644-653.
- Chiari, K., Schneider, E., Bork, D., Benesch, T., Peloschek, T. & Windhager, R. (2015). Pfannenentwicklung und klinische Ergebnisse nach Chiari Beckenosteotomie im Wachstumsalter im Langzeitverlauf. *Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie (DKOU 2015). Berlin, 20.-23.10.2015. Düsseldorf: German Medical Science GMS Publishing House; 2015. DocWI45-595*
- Clarke, N. M. P., Reading, I. C., Corbin, C., Taylor, C. C. & Bochmann, T. (2012). Twenty years experience of selective secondary ultrasound screening for congenital dislocation of the hip. *Archives of Disease in Childhood*, 97(5), 423-429.
- Craig, W. A., Risser, J. C. & Kramer, W. G. (1955). *Review of 400 Cases of congenital dysplasia and dislocation of the hip*. Paper presented at the Journal of bone and joint surgery - American Volume.
- Debrunner, A. M. (2005). *Orthopädie. Orthopädische Chirurgie. Patientenorientierte Diagnostik und Therapie des Bewegungsapparates* (Bd. 4. Auflage). Bern: Hans Huber Verlag.
- Delaney, L. R. & Karmazyn, B. (2011). Developmental Dysplasia of the Hip: Background and the Utility of Ultrasound. *Seminars in Ultrasound, CT and MRI*, 32(2), 151-156.
- Dornacher, D., Cakir, B., Reichel, H. & Nelitz, M. (2008). Reliability of digital measurement of acetabular index in hip dysplasia to the time children start walking. *Z Orthop Unfall*, 146(2), 246-250.
- Dornacher, D., Cakir, B., Reichel, H. & Nelitz, M. (2010). Early radiological outcome of ultrasound monitoring in infants with developmental dysplasia of the hips. *Journal of Pediatric Orthopaedics B*, 19(1), 27-31.
- Dornacher, D., Lippacher, S., Reichel, H. & Nelitz, M. (2013). Mid-term results after ultrasound-monitored treatment of developmental dysplasia of the hips: to what extent can a physiological development be expected? *Journal of Pediatric Orthopaedics B*, 22(1), 30-35.

- Dwan, K., Kirkham, J., Paton, R. W., Morley, E., Newton, A. W. & Perry, D. C. (2017). Splinting for the non-operative management of developmental dysplasia of the hip (DDH) in children under six months of age. *Cochrane Database of Systematic Reviews*(7).
- Elbourne, D., Dezateux, C., Arthur, R., Clarke, N. M. P., Gray, A., King, A., Quinn, A., Gardner, F. & Russell, G. (2002). Ultrasonography in the diagnosis and management of developmental hip dysplasia (UK Hip Trial): clinical and economic results of a multicentre randomised controlled trial. *The Lancet*, 360(9350), 2009-2017.
- Eller, K. & Katthagen, B. D. (1987). Sonographische Verlaufskontrollen der Hüftdysplasie unter Spreizhosen Therapie. *Z Orthop Unfall*, 125(05), 534-541.
- Exner, G. U. & Kern, S. M. (1994). Natural course of mild hip dysplasia from young childhood into adulthood. *Der Orthopäde*, 23(3), 181-184.
- Farr, S., Grill, F. & Muller, D. (2008). When is the optimal time for hip ultrasound screening? *Der Orthopäde*, 37(6), 532, 534-536, 538-540.
- Forlin, E., Choi, I. H., Guille, J. T., Bowen, J. R. & Glutting, J. (1992). Prognostic factors in congenital dislocation of the hip treated with closed reduction. The importance of arthrographic evaluation. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 74(8), 1140-1152.
- Froehlich, S., Lindner, T., Olbertz, D., Bader, R., Mittelmeier, W. & Kreuz, P. C. (2012). Biomechanical evaluation of different abduction splints for the treatment of congenital hip dysplasia. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 27(9), 899-902.
- Fukiage, K., Futami, T., Ogi, Y., Harada, Y., Shimozono, F., Kashiwagi, N., Takase, T. & Suzuki, S. (2015). Ultrasound-guided gradual reduction using flexion and abduction continuous traction for developmental dysplasia of the hip: a new method of treatment. *Bone & Joint Journal*, 97-B(3), 405-411.
- Gans, I., Flynn, J. M. & Sankar, W. N. (2013). Abduction bracing for residual acetabular dysplasia in infantile DDH. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 33(7), 714-718.
- Graf, R. (1980). The diagnosis of congenital hip-joint dislocation by the ultrasonic compound treatment. *Archives of orthopaedic and traumatic surgery*, 97(2), 117-133.
- Graf, R. (1997). Die sonographiegesteuerte Therapie. *Der Orthopäde*, 26(1), 33-42.
- Graf, R., Baumgartner, F. & Lercher, K. (2006). *Ultraschall Diagnostik der Säuglingshüfte - Ein Atlas*. Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Graf, R., Mohajer, M. & Plattner, F. (2013). Hip sonography update. Quality-management, catastrophes - tips and tricks. *Med Ultrason*, 15(4), 299-303.
- Gwynne Jones, D. P., Vane, A. G. S., Coulter, G., Herbison, P. & Dunbar, J. D. (2006). Ultrasound Measurements in the Management of Unstable Hips Treated With the Pavlik Harness: Reliability and Correlation With Outcome. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 26(6), 818-822.
- Harris, N. H. (1976). Acetabular growth potential in congenital dislocation of the hip and some factors upon which it may depend. *Clinical orthopaedics and related research*(119), 99-106.
- Harris, W. H. (1986). Etiology of Osteoarthritis of the Hip. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 213, 20-33.
- Hefti, F., Brunner, R. & Jundt, G. (2008). *Kinderorthopädie in der Praxis*: Springer.
- Heimkes, B. (2013). Erkrankungen des kindlichen Hüftgelenks. *Monatsschrift Kinderheilkunde*, 161(4), 355-368.
- Heimkes, B., Posel, P., Plitz, W. & Zimmer, M. (1997). Die altersabhängige Kräfteverteilung am koxalen Femurende des normal wachsenden Kindes. *Z Orthop Unfall*, 135(01), 17-23.
- Hien, N. M. (2004). Die Abnahme des alpha-Winkels in den ersten Lebenswochen und die Konsequenz für die Organisation des sonographischen Hüftscreenings. *Orthop Praxis*, 40, 661-668.
- Hilgenreiner, H. (1925). Zur Frühdiagnose und Frühbehandlung der angeborenen Hüftgelenksverrenkung. *Med Klin*, 21(1385-8), 1425-1429.
- Huang, S. C. & Wang, J. H. (1997). A comparative study of nonoperative versus operative treatment of developmental dysplasia of the hip in patients of walking age. *Journal of pediatric orthopaedics*, 17(2), 181-188.

- Idelberger, K. (1970). Hüft dysplasie und Hüftverrenkung. In *Lehrbuch der Orthopädie* (S. 256): Springer Berlin Heidelberg.
- Idelberger, K. & Frank, A. (1952). Über eine neue Methode zur Bestimmung des Pfannendachwinkels bei Jugendlichen und Erwachsenen. *Z Orthop*, 82, 571-577.
- Ihme, N., Altenhofen, L., von Kries, R. & Niethard, F. U. (2008). Sonographisches Hüftscreening in Deutschland. *Der Orthopäde*, 37(6), 541-549.
- Jäger, M., Westhoff, B., Zilkens, C., Weimann-Stahlschmidt, K. & Krauspe, R. (2008). Indikation und Ergebnisse hüftnaher Osteotomien bei Dysplasie. *Der Orthopäde*, 37(6), 556-576.
- Jerosch, J., Castro, W. H. & Tusek, D. (1991). Appearance of the femur head epiphysis in healthy children and in children with hip dysplasia. *Ultraschall Med*, 12(5), 244-247.
- Kalamchi, A. & MacEwen, G. D. (1980). Avascular necrosis following treatment of congenital dislocation of the hip. *Journal of bone and joint surgery - American volume*, 62(6), 876-888.
- Kaneko, H., Kitoh, H., Mishima, K., Matsushita, M. & Ishiguro, N. (2013). Long-term outcome of gradual reduction using overhead traction for developmental dysplasia of the hip over 6 months of age. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 33(6), 628-634.
- Kruczynski, J. (1996). Avascular necrosis of the proximal femur in developmental dislocation of the hip - Incidence, risk factors, sequelae and MR imaging for diagnosis and prognosis. *Acta Orthopædica Scandinavica*, 67(268).
- Kubo, H., Pilge, H., Nepp, K., Westhoff, B. & Krauspe, R. (2018). Development of unstable hips after treatment with the Tübingen splint: mid-term follow-up of 83 hip joints. *Arch Orthop Trauma Surg*, 138(5), 629-634.
- Kubo, H., Pilge, H., Weimann-Stahlschmidt, K., Stefanovska, K., Westhoff, B. & Krauspe, R. (2018). Use of the Tübingen splint for the initial management of severely dysplastic and unstable hips in newborns with DDH: an alternative to Fettweis plaster and Pavlik harness. *Arch Orthop Trauma Surg*, 138(2), 149-153.
- Lange, A., Lange, J., Thyrian, R., Haas, J. P., Ekkernkamp, A., Merk, H., Hoffmann, W. & Lode, H. N. (2014). Inzidenz und Therapiedauer pathologischer Hüftbefunde im Rahmen der U2- und U3-Untersuchung (SNIIP Studie). *Der Orthopäde*, 43(2), 129-135.
- Leeprakobboon, D., Kaewpornawan, K. & Eamsobhana, P. (2014). Four-point molding: a new cast molding technique for closed reduction treatment of developmental dysplasia of the hip. *J Med Assoc Thai*, 97 Suppl 9, S29-33.
- Lindstrom, J. R., Ponseti, I. V. & Wenger, D. R. (1979). Acetabular development after reduction in congenital dislocation of the hip. *Journal of bone and joint surgery, American volume*, 61(1), 112-118.
- Lorenz, A. (1895). Über die mechanische Behandlung der angeborenen Hüftverrenkung. *Zentralbl Chir*, 22, 153.
- Mahan, S. T., Katz, J. N. & Kim, Y.-J. (2009). To Screen or Not to Screen? A Decision Analysis of the Utility of Screening for Developmental Dysplasia of the Hip. *Journal of bone and joint surgery*, 91(7), 1705-1719.
- Matthiessen, H. D. (2016). Beuge-Spreizbehandlung. *OUP 2016*, 7, 400-407.
- Mittelmeier, H., Deimel, D. & Beger, B. (1998). Aus einem hüftsonographischen Screeningprogramm - Mittelfristige Ergebnisse nach Spreizhosen Therapie. *Z Orthop Unfall*, 136(06), 513-518.
- Mladenov, K., Dora, C., Wicart, P. & Seringe, R. (2002). Natural history of hips with borderline acetabular index and acetabular dysplasia in infants. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 22(5), 607-612.
- Multerer, C. & Doderlein, L. (2014). [Congenital dysplasia and dislocation of the hip: proven and new procedures in diagnostics and therapy]. *Orthopäde*, 43(8), 733-741.
- Multerer, C. & Döderlein, L. (2014). Angeborene Hüft dysplasie und -luxation. *Der Orthopäde*, 43(8), 733-741.
- Nagura, S. (1973). Spontaneous healing of congenital hip luxation in children (author's transl). *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 111(6), 951-953.

- Nakamura, J., Kamegaya, M., Saisu, T., Someya, M., Koizumi, W. & Moriya, H. (2007). Treatment for developmental dysplasia of the hip using the Pavlik harness: long-term results. *Journal of bone and joint surgery, British volume*, 89-B(2), 230-235.
- Nelitz, M. & Reichel, H. (2008). Konservative Behandlung der Hüftreifungsstörung. *Der Orthopäde*, 37(6), 550-555.
- Niethard, F. U. & Roesler, H. (1987). Die Genauigkeit von Längen- und Winkelmessungen im Röntgenbild und Sonogramm des kindlichen Hüftgelenkes. *Z Orthop Unfall*, 125(02), 170-176.
- Ogden, J. A. (1975). Treatment positions for congenital dysplasia of the hip. *The Journal of Pediatrics*, 86(5), 732-734.
- Ombredanne, L. (1923). *Précis clinique et opératoire de chirurgie infantile*. Paris: Masson.
- Orak, M. M., Onay, T., Gumustas, S. A., Gursoy, T. & Muratli, H. H. (2015). Is prematurity a risk factor for developmental dysplasia of the hip? : a prospective study. *Bone and Joint Journal*, 97-b(5), 716-720.
- Ortiz-Neira, C. L., Paolucci, E. O. & Donnon, T. (2012). A meta-analysis of common risk factors associated with the diagnosis of developmental dysplasia of the hip in newborns. *European Journal of Radiology*, 81(3), e344-e351.
- Ortolani, M. (1937). Un segno poco noto e sua importanza per la diagnosi precoce di prelussazione congenita dell'anca. *Pediatria*, 45(129), 36.
- Partenheimer, A., Scheler-Hofmann, M., Lange, J., Kühl, R., Follak, N., Ebner, A., Fusch, C., Stenger, R., Merk, H. & Haas, J. P. (2006). Populationsbasierte Studie zu Prädispositionsfaktoren und Häufigkeit der Hüftgelenksdysplasie. *Ultraschall in Med*, 27(04), 364-367.
- Pauwels, F. (1935). Der Schenkelhalsbruch, ein mechanisches Problem. Grundlagen des Heilungsvorganges, Prognose und kausale Therapie. *Z Orthop Chir* 63(Beilageheft).
- Pavlik, A. & Bialik, V. (2001). To the Question of Originality of Treatment of Congenital Hip Dysplasias by Active Movement in the Stirrups*. *Journal of Pediatric Orthopaedics B*, 10(3), 165-168.
- Pemberton, P. A. (1965). Pericapsular osteotomy of the ilium for treatment of congenital subluxation and dislocation of the hip. *Journal of bone and joint surgery*, 47(1), 65-86.
- Peterlein, C. D., Schuttler, K. F., Timmesfeld, N., Lakemeier, S., Gorg, C., Fuchs-Winkelmann, S. & Schofer, M. (2012). Measurement on printed paper strips or on the ultrasound device with computer assistance - which technique is more accurate in paediatric hip ultrasound? *Z Orthop Unfall*, 150(2), 163-169.
- Placzek, R., Funk, J. F. & Druschel, C. (2013). Kongenitale Hüftluxation bei Neugeborenen. *Operative Orthopädie und Traumatologie*, 25(5), 417-429.
- Pravaz, C. G. (1847). *Traité théorique et pratique des luxations congénitales du fémur: avec appendice relatif aux luxations spontanées*: Guilbert et Dorier.
- Roposch, A., Liu, L. Q., Hefti, F., Clarke, N. M. P. & Wedge, J. H. (2011). Standardized Diagnostic Criteria for Developmental Dysplasia of the Hip in Early Infancy. *Clinical Orthopaedics and Related Research*®, 469(12), 3451-3461.
- Roposch, A., Ridout, D., Protopapa, E., Nicolaou, N. & Gelfer, Y. (2013). Osteonecrosis complicating developmental dysplasia of the hip compromises subsequent acetabular remodeling. *Clin Orthop Relat Res*, 471(7), 2318-2326.
- Salter, R. B. (1961). Innominate osteotomy in the treatment of congenital dislocation and subluxation of the hip. *Bone and joint journal*, 43(3), 518-539.
- Salter, R. B., Kostuik, J. & Dallas, S. (1969). Avascular necrosis of the femoral head as a complication of treatment for congenital dislocation of the hip in young children: a clinical and experimental investigation. *The Canadian Journal of Surgery*, 12.
- Sampath, J. S., Deakin, S. & Paton, R. W. (2003). Splintage in developmental dysplasia of the hip: how low can we go? *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 23(3), 352-355.
- Sankar, W. N., Nduaguba, A. & Flynn, J. M. (2015). Ilfeld abduction orthosis is an effective second-line treatment after failure of Pavlik harness for infants with developmental dysplasia of the hip. *Journal of bone and joint surgery, American Volume*, 97(4), 292-297.

- Sankar, W. N., Neuburger, C. O. & Moseley, C. F. (2009). Femoral Anteversion in Developmental Dysplasia of the Hip. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 29(8), 885-888
810.1097/BPO.1090b1013e3181c1091e1961.
- Sariyilmaz, K., Saglam, Y., Ozkunt, O., Yildiz, F., Sungur, M., Hurmeydan, O. M. & Goksan, S. B. (2015). Differences between the alpha angles measured manually and digitally from paediatric hip ultrasonograms. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, 25(5), 885-888.
- Schilt, M. (2001). Optimaler Zeitpunkt des Hüftsonographie-Screenings. *Ultraschall in Med*, 22(01), 39-47.
- Schoenecker, P. L., Anderson, D. J. & Capelli, A. M. (1995). The acetabular response to proximal femoral varus rotational osteotomy. Results after failure of post-reduction abduction splinting in patients who had congenital dislocation of the hip. *Journal of bone and joint surgery. American volume*, 77(7), 990-997.
- Schultheiss, H. (1965). *Die Frühbehandlung der Hüftdysplasie durch atraumatische Spreizung: Sammelstatistik über Erfahrungen mit der Spreizhose an 1447 Patienten mit 35 Tabellen: Enke.*
- Schwend, R. M., Schoenecker, P., Richards, B. S., Flynn, J. M. & Vitale, M. (2007). Screening the newborn for developmental dysplasia of the hip: now what do we do? *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 27(6), 607-610.
- Seidl, T., Lohmaier, J., Holker, T., Funk, J., Placzek, R. & Trouillier, H. H. (2012). Reduction of unstable and dislocated hips applying the Tübingen hip flexion splint? *Orthopäde*, 41(3), 195-199.
- Seidl, T., Placzek, R. & Funk, J. F. (2012). Do German-speaking paediatric orthopaedic surgeons agree on diagnostics and treatment of the neonatal hip? *Z Orthop Unfall*, 150(2), 170-176.
- Sewell, M. D. & Eastwood, D. M. (2011). Screening and treatment in developmental dysplasia of the hip—where do we go from here? *International Orthopaedics*, 35(9), 1359-1367.
- Shipman, S. A., Helfand, M., Moyer, V. A. & Yawn, B. P. (2006). Screening for developmental dysplasia of the hip: a systematic literature review for the US Preventive Services Task Force. *Pediatrics*, 117(3), e557-576.
- Siffert, R. S. (1981). Patterns of deformity of the developing hip. *Clinical orthopaedics and related research*(160), 14-29.
- Skuban, T. P., Vogel, T., Baur-Melnyk, A., Jansson, V. & Heimkes, B. (2009). Function-Orientated Structural Analysis of the Proximal Human Femur. *Cells Tissues Organs*, 190(5), 247-255.
- Song, F. S., McCarthy, J. J., MacEwen, G. D., Fuchs, K. E. & Dulka, S. E. (2008). The incidence of occult dysplasia of the contralateral hip in children with unilateral hip dysplasia. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 28(2), 173-176.
- Sucato, D. J., Johnston, C. E. I., Birch, J. G., Herring, J. A. & Mack, P. (1999). Outcome of Ultrasonographic Hip Abnormalities in Clinically Stable Hips. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 19(6), 754.
- Terjesen, T. & Horn, J. (2015). Have Changes in Treatment of Late-detected Developmental Dysplasia of the Hip During the Last Decades Led to Better Radiographic Outcome? *Clinical Orthopaedics and Related Research*®, 1-10.
- Thallinger, C., Pospischill, R., Ganger, R., Radler, C., Krall, C. & Grill, F. (2014). Long-term results of a nationwide general ultrasound screening system for developmental disorders of the hip: the Austrian hip screening program. *J Child Orthop*, 8(1), 3-10.
- Tönnis, D. (1976). Normal Values of the Hip Joint for the Evaluation of X-rays in Children and Adults. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 119, 39-47.
- Tönnis, D. (1990). Ischemic necrosis as a complication of treatment of C.D.H. *Acta Orthop Belg*, 56(1 Pt A), 195-206.
- Tönnis, D. (1997). Röntgenuntersuchung und Arthrographie des Hüftgelenks im Kleinkindesalter. *Orthopäde*, 26(1), 49-58.
- Tönnis, D. (2009). *Hüftkopfnekrosen im Zeitalter der Sonographie und wie sie sich vermeiden lassen* Verfügbar unter: [13.06.14 2014].

- Tönnis, D. & Brunken, D. (1968). Eine Abgrenzung normaler und pathologischer Hüftpfannendachwinkel zur Diagnose der Hüftdysplasie. *Archiv für orthopädische und Unfall-Chirurgie, mit besonderer Berücksichtigung der Frakturenlehre und der orthopädisch-chirurgischen Technik*, 64(3), 197-228.
- Tönnis, D. & Legal, H. (1984). *Die angeborene Hüftdysplasie und Hüftluxation im Kindes- und Erwachsenenalter*. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag.
- Tönnis, D. & Trede, B. (1970). The effect of the abduction brace on the acetabular roof angle in congenital hip dysplasia. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 107(2), 263-276.
- Tschauner, C., Furntrath, F., Saba, Y., Berghold, A. & Radl, R. (2011). Developmental dysplasia of the hip: impact of sonographic newborn hip screening on the outcome of early treated decentered hip joints-a single center retrospective comparative cohort study based on Graf's method of hip ultrasonography. *J Child Orthop*, 5(6), 415-424.
- Tschauner, C., Klapsch, W., Baumgartner, A. & Graf, R. (1994). „Reifungskurve“ des sonographischen Alpha-Winkels nach GRAF unbehandelter Hüftgelenke im ersten Lebensjahr. *Z Orthop Unfall*, 132(06), 502-504.
- Utzschneider, S., Chita, C., Paulus, A., Guenther, C., Jansson, V. & Heimkes, B. (2016). Discrepancy between sonographic and radiographic values after ultrasound-monitored treatment of developmental dysplasia of the hip. *Archives of Medical Science : AMS*, 12(1), 145-149.
- von Kries, R., Ihme, N., Altenhofen, L., Niethard, F. U., Krauspe, R. & Ruckinger, S. (2012). General ultrasound screening reduces the rate of first operative procedures for developmental dysplasia of the hip: a case-control study. *J Pediatr*, 160(2), 271-275.
- von Kries, R., Ihme, N., Oberle, D., Lorani, A., Stark, R., Altenhofen, L. & Niethard, F. U. (2003). Effect of ultrasound screening on the rate of first operative procedures for developmental hip dysplasia in Germany. *The Lancet*, 362(9399), 1883-1887.
- von Rosen, S. (1959). Diagnosis and treatment of congenital dislocation of the hip in the newborn. *Tip Fak Mecm*, 22, 241-249.
- Wirth, T., Stratmann, L. & Hinrichs, F. (2004). Evolution of late presenting developmental dysplasia of the hip and associated surgical procedures after 14 years of neonatal ultrasound screening. *Journal of bone and joint surgery, British Volume*, 86-B(4), 585-589.
- Yavuz, O. Y., Uras, I., Tasbas, B. A., Ozdemir, M. H., Kaya, M. & Komurcu, M. (2014). A new measurement method in Graf technique: prediction of future acetabular development is possible in physiologically immature hips. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 34(6), 591-596.
- Zajonz, D., Strobel, S., Wojan, M., von der Höh, N., Brandmaier, P., Josten, C., Schumann, E. & Heyde, C. E. (2015). Pavlik-Bandage zur Therapie der kongenitalen Hüftdysplasie Typ D, III und IV. *Orthopäde*, 1-9.
- Ziegler, J., Mayer-Athenstaedt, C. & Ranisch, H. (2006). Langzeitergebnisse nach konservativ behandelte Hüftdysplasie im Kindesalter. *DGU-DGOOC-BVO*.
- Ziegler, J., Thielemann, F., Mayer-Athenstaedt, C. & Günther, K. P. (2008). Natürlicher Verlauf von Hüftreifungsstörungen und Hüftdysplasie. *Orthopäde*, 37(6), 515-524.

9. ANHANG

9.1. Auswertungsbögen

9.1.1. Patientenbogen

Patientennummer:

Geburtsdatum:

Anamnese

	ja	nein
Geschlecht weiblich		
Geburtsgewicht >4000g?		
Beckenendlage?		
Oligohydramnion gegen Ende der SS? (<200-500ml)		
Frühgeburt?		
Kaiserschnitt?		
Mehrlingsgeburt?		
Erstgeborenes Kind?		
Postive FA bezüglich Hüftdysplasie?		
Alter in Wochen bei Erstdiagnose		
Alter in Wochen bei Therapiebeginn		
Therapiebeginn außer Haus		
Initiale Therapie mit		
Ab welchem Alter an LMU		

Erstbefund Sonographie:

	rechts	links
Betroffene Seite:		
α -Winkel in °		
β -Winkel in °		
Hüfttyp nach Graf:		

Erst-Therapie LMU

Reposition

- ☐ Becker-Schiene
- ☐ Overheadextension
- ☐ OP geschlossen
- ☐ OP offen

Retention

- ☐ modifizierter Becken-Bein Gips
- ☐ Brown-Forrester-Schiene

Ausreifung

- ☐ Tübinger-Schiene

Dauer:

Erfolg? ☐ ja ☐ nein

Erst-Kontrolle

Zeitpunkt / Alter:

Klinik:

	re.	li.	o.B.
Instabilität			
Luxierbar			
Luxiert			
Abspreizhemmung			

Hüftstellung im Ultraschall:

	re.	li.
α -Winkel in °		
β -Winkel in °		
Hüfttyp nach Graf		

Weitere Behandlung

Reposition

- ☐ Becker-Schiene
- ☐ Overheadextension
- ☐ OP geschlossen
- ☐ OP offen

Retention

- ☐ modifizierter Becken-Bein Gips
- ☐ Brown-Forrester-Schiene

Ausreifung

- ☐ Tübinger-Schiene

Dauer:

Erfolg? ☐ ja ☐ nein

Kontrolle

Zeitpunkt / Alter:

Klinik:

	re.	li.	o.B.
Instabilität			
Luxierbar			
Luxiert			
Abspreizhemmung			

Hüftstellung im Sono:

	re.	li.
α -Winkel in °		
β -Winkel		
Hüfttyp nach Graf		

Umstellung auf

Reposition

- ☐ Becker-Schiene
- ☐ Overheadextension
- ☐ OP geschlossen
- ☐ OP offen

Retention

- ☐ modifizierter Becken-Bein Gips
- ☐ Brown-Forrester-Schiene

Ausreifung

- ☐ Tübinger-Schiene

Erfolg? ☐ ja ☐ nein

...

Kontrolle zum Therapieende:

Zeitpunkt / Alter:

Klinik:

	re.	li.	o.B.
Instabilität			
Luxierbar			
Luxiert			
Abspreizhemmung			

Hüftstellung im Sono:

	re.	li.
α -Winkel in °		
β -Winkel		
Hüfttyp nach Graf		

Röntgenkontrolle im Laufalter:

Hüftstellung im Röntgen:

	re.	li.
AC-Winkel in °		
Grad der Hüftkopfnekrose		

Röntgenkontrolle mit ca. 4 Jahren:

Hüftstellung im Röntgen:

	re.	li.
AC-Winkel in °		
Grad der Hüftkopfnekrose		

9.1.2. Röntgen-Auswertungsbogen

Patientennummer:

Geburtsdatum:

Rö-Kontrolle im Laufalter:

	rechts	links
Drehungsquotient zwischen 0,56 und 1,8		
Beckenkipfung nach Index von Ball und Kommenda zwischen 0,75 und 1,2		

	rechts	links
AC-Winkel		

Hüftkopfnekrose nach Tönnis

	rechts	links
Grad 0 (keine Nekrose-Zeichen)		
Grad 1 (Kern leicht unregelmäßig und gekörnt, Berandung etwas unscharf)		
Grad 2 (Struktur stärker unregelmäßig mit rauem Rand oder Teildefekt des Kerns)		
Grad 3 (starker scholliger Zerfall)		
Grad 4 / M (Beteiligung der Metaphyse)		

Rö-Kontrolle mit ca. 4 Jahren:

	rechts	links
AC-Winkel		

Hüftkopfnekrose nach Tönnis

	rechts	links
Grad 0 (keine Nekrose-Zeichen)		
Grad 1 (Kern leicht unregelmäßig und gekörnt, Berandung etwas unscharf)		
Grad 2 (Struktur stärker unregelmäßig mit rauem Rand oder Teildefekt des Kerns)		
Grad 3 (starker scholliger Zerfall)		
Grad 4 / M (Beteiligung der Metaphyse)		

9.2. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Die Druck- und Zugtrajektoren am proximalen Femurende	2
Abb. 2: Schematische Darstellung der Kräfte am Hüftgelenk nach Pauwels	3
Abb. 3: Ausformung der Hüfte über die epi- und apophysären Wachstumsfugen durch Schwer- und Muskelkräfte.	4
Abb. 4: Hüftsonographie-Schale	7
Abb. 5: Ultraschallbild zur anatomischen Identifizierung; linkes Hüftgelenk an Tag 1	8
Abb. 6: Ultraschallbild eines linken Hüftgelenks nach 2 Wochen	8
Abb. 7: Sonogramm einer rechten Hüfte mit eingezeichneter Pfannendachlinie	9
Abb. 8: Sonogramm mit eingezeichneter Grundlinie	9
Abb. 9: Sonogramm mit eingezeichneter Ausstelllinie	9
Abb. 10: α - und β -Winkel im Sonogramm	10
Abb. 11: Ultraschallbild aus der Kinderorthopädischen Ambulanz Großhadern mit am Ultraschallgerät eingezeichneten Messlinien sowie alpha- und beta-Winkel	10
Abb. 12: Goniometer nach Graf	10
Abb. 13 Beispiel-Sonogramm für eine Typ I - Hüfte nach Graf	12
Abb. 14: Beispiel-Sonogramm für eine Typ IIa (+)-Hüfte nach Graf	12
Abb. 15: Beispiel-Sonogramm für eine Typ IIIb-Hüfte nach Graf	12
Abb. 16: Beispiel-Sonogramm für eine Typ IV-Hüfte nach Graf	13
Abb. 17: Beckenübersichtsaufnahme	14
Abb. 18: Hilfslinien zur Beurteilung des Röntgenbildes der Säuglingshüfte	16
Abb. 19: AC-Winkel	16
Abb. 20: Ideal-Spreizhose nach Mittelmeier-Graf mit Fixationsbügeln in gekreuzter Stellung	18
Abb. 21: Mechanismus bei zu kleiner Pelotte der Spreizhose	19
Abb. 22: Pavlik-Bandage	21
Abb. 23: Overhead-Extension	22
Abb. 24: modifizierter Becken-Bein-Gips nach Fettweis	23
Abb. 25: "Tübinger-Hüftbeuge-Schiene" mit Flexion um ca. 90°, Abduktion um ca. 60°	24
Abb. 26: Prinzip der intertrochantären Varisationsosteotomie und Fixation mit 90°-Winkelplatte	26
Abb. 27: Prinzip der Azetabuloplastik	26
Abb. 28: Prinzip der Beckenosteotomie nach Salter	27
Abb. 29: Prinzip der Tripleosteotomie	28
Abb. 30: "Becker-Spreizhose"	29
Abb. 31: modifizierte „Forrester-Brown-Schiene“	30
Abb. 32: Entwicklung AC-Winkel	31
Abb. 33: Grenzwerte AC-Winkel nach Alter und Geschlecht	31
Abb. 34: Nekrosegrade nach Tönnis	32
Abb. 35: Geschlechterverhältnis der Patienten mit kongenitaler Hüftluxation	39
Abb. 36: Häufigkeit der verschiedenen Luxationstypen nach Graf	39
Abb. 37: Verteilung der bekannten Risikofaktoren für die Entwicklung einer Hüftreifeungsstörung	40
Abb. 38: Therapiebaum und Repositionserfolg	41
Abb. 39: Die 4 verschiedenen Therapiegruppen und deren jeweiliger Repositionserfolg	41
Abb. 40: Anzahl der Hüften in den Untergruppen der konservativen Spreizhosen-therapie, sowie in den weiteren Therapiegruppen	42
Abb. 41: Mittleres Alter in Wochen bei Behandlungsbeginn in den vier Therapiegruppen	42

Abb. 42: Anzahl erfolgreich konservativ mit Spreizhosen reponierter Hüften ohne / mit Vorbehandlung	43
Abb. 43: Anzahl erfolgreich konservativ mit Spreizhosen reponierter Hüften je nach init. Graf-Typ	43
Abb. 44: Anzahl der mit Spreizhosen erfolgreich konservativ reponierten Hüften bei Therapiebeginn vor / nach der U3 = 4. - 6. Woche	44
Abb. 45: Anzahl der mit Spreizhosen erfolgreich konservativ reponierten Hüften je nach Alter bei Therapiebeginn	45
Abb. 46: Anzahl der mit Spreizhosen erfolgreich konservativ reponierten Hüften bei Therapiebeginn nach / in der 1. Lebenswoche	45
Abb. 47: Therapiedauer in den verschiedenen Therapiegruppen	46
Abb. 48: Gesamte Therapiedauer in Wochen in Abhängigkeit vom Geschlecht	46
Abb. 49: Gesamte Therapiedauer in Wochen in Abhängigkeit vom initialen Hüfttyp nach Graf	47
Abb. 50: Gesamte Therapiedauer in Wochen in Abhängigkeit vom Behandlungsbeginn in / nach der 1. Lebenswoche	47
Abb. 51: AC-Winkel in Grad auf der ursprünglich luxierten Seite in den 4 verschiedenen Therapiegruppen, im Laufalter	49
Abb. 52: AC-Winkel in Grad auf der ursprünglich gesunden Seite in den verschiedenen Therapiegruppen, im Laufalter	49
Abb. 53: AC-Winkel in Grad auf der ursprünglich luxierten Seite in den verschiedenen Therapiegruppen, im Alter von ca. 4 Jahren	50
Abb. 54: AC-Winkel in Grad auf der ursprünglich gesunden Seite in den verschiedenen Therapiegruppen, im Alter von ca. 4 Jahren	50
Abb. 55: Anzahl der Hüften mit den beschriebenen AC-Winkel-Graden im Laufalter	51
Abb. 56: Anzahl der Hüften mit den beschriebenen AC-Winkel-Graden mit ca. 4 Jahren	51
Abb. 57: Anzahl der Hüften mit Restdysplasie auf luxierter Seite im Laufalter bei Therapiebeginn vor / nach der U3	52
Abb. 58: Anzahl der Hüften mit Restdysplasie auf betroffener Seite im Laufalter im Laufalter je nach initialem Hüfttyp nach Graf	52
Abb. 59: Anzahl der Hüften mit Restdysplasie auf betroffener Seite im Laufalter je nach Therapiegruppe	53
Abb. 60: Anzahl der Hüften mit einer Hüftkopfnekrose im Laufalter auf der betroffenen Seite	54
Abb. 61: Anzahl der Hüftkopfnekrosen auf der betroffenen Seite im Laufalter in den verschiedenen Therapiegruppen	55
Abb. 62: Anzahl der Hüftkopfnekrosen auf der betroffenen Seite mit ca. 4 Jahren in den verschiedenen Therapiegruppen	55
Abb. 63: Anzahl der Hüftkopfnekrosen auf der gesunden Seite im Laufalter in den verschiedenen Therapiegruppen	56
Abb. 64: Anzahl der Hüftkopfnekrosen auf der gesunden Seite mit ca. 4 Jahren in den verschiedenen Therapiegruppen	56
Abb. 65: Anzahl der Hüften mit einer Hüftkopfnekrose auf der betroffenen Seite je nach Therapiegruppe	57
Abb. 66: Röntgen-Bild bei der Laufalter-Kontrolle	60
Abb. 67: Röntgen-Bild mit ca. 4 Jahren	60
Abb. 68: Laufalter-Kontrolle mit 18 Monaten	62
Abb. 69: Röntgen-Aufnahme nach Becken-Osteotomie mit 23 Monaten	63
Abb. 70: Röntgen-Kontrolle vor Schulbeginn	63
	89

9.3. Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Beschreibung der Hüfttypen nach Graf	11
Tab. 2: 3 Stufen-Schema nach Graf mit Übersicht über die Behandlungsphasen und die möglichen Behandlungsmittel	21
Tab. 3: Repositionsmethoden und ihre jeweiligen Hüftkopfnekroseraten in Prozent	34
Tab. 4: Retentionsmethoden und ihre jeweiligen Hüftkopfnekroseraten in Prozent	34
Tab. 5: AC-Winkel im Laufalter auf der betroffenen Seite	48
Tab. 6: Übersicht über 7 Fälle mit 3 Risikofaktoren	58
Tab. 7: Übersicht über 7 Fälle mit offener Reposition im 1. Lebensjahr	59
Tab. 8: Übersicht über 4 Fälle mit Operation nach dem 1. Lebensjahr	61

Eidesstattliche Versicherung

Ich, Johanna Mutschler, erkläre hiermit an Eides statt,
dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Titel

Mittelfristige Ergebnisse der Repositionsbehandlung bei kongenitaler Hüftgelenkluxation

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe. Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

Johanna Mutschler

Tettnang, 01.03.2019

